Învățarea într-un cadru colectiv, respectiv în cercurile de radiotehnică, a „tainelor" radiofoniei oferă, pe lîngă avantajele unei instruiri temeinice și posibilitatea dezvoltării spiritului de inițiativă, și un mod de a petrece timpul liber util și plăcut.

Lucrarea de față urmărește să satisfacă această cerință, parcurgînd în mai multe capitole elementele de bază absolut necesare inițierii amatorilor în radioelectronică.

colecția cristal

Lei 4

dumitru codăuș

colecția cristal

CERCUL DE RADIOTEHNICĂ

EDITURA ALBATROS

INTRODUCERE

Radiotehnica, disciplină care se ocupă din punct de vedere teoretic și practic de metodele și mijloacele utilizării radiațiilor electromagnetice, a devenit azi o ramură de activitate cu un ritm de dezvoltare dinamic, incitînd interesul pasionaților întru știință și tehnică.

Metodele și aparatura care au fost create inițial pentru rezolvarea unor probleme ale radiotehnicii au pătruns și în alte domenii astfel încît, în prezent, peste 30 de profesii au la bază alături de cunoștințele de electrotehnică și electronică și cuceririle radiotehnicii.

Radioelectronica, *termen înglobînd atît electronica (disciplină care se ocupă de dispozitivele bazate pe folosirea mișcării controlate a electronilor în vid, gaze sau semiconductoare) cît și radiotehnica, prezintă o mare atractivitate pentru tineret, participant activ la actuala revoluție științifică și tehnică.*

Pornind de la microscopul electronic, care permite mărirea de milioane de ori a infinitului mic, menționăm, în ordine cronologică, doar cîteva dintre marile realizări bazate pe utilizarea electronului: radiocomunicațiile sub toate aspectele lor, radiotelemecanica, radiospectroscopia, sistemele de calcul electronic, cibernetica, electronica industrială, tehnica radiațiilor infraroșii, tehnica semiconductoarelor și, pătrunzînd în macrocosmos spre a studia galaxiile îndepărtate la zeci de miliarde de ani-lumină, întîlnim radioastronomia.

În fața multiplelor aplicații ale radiotehnicii, care stîrnesc curiozitatea și dorința de a le descoperi „tainele" și de a le pătrunde, tinerii, receptivi la tot ce este nou și interesant, nu rămîn indiferenți. Începînd cu

radioreceptoarele și televizoarele din casele noastre, și mergînd pînă la cele mai diverse dispozitive, instalații și agregate electrice de la locul de muncă, toate stîrnesc pasiunea pentru tehnică și, eventual, visul de a deveni radiofoniști amatori. Pentru a le veni în ajutor, mari unități industriale produc alături de aparatele de radio și televiziune, piese și componente de radio și televiziune, elemente de automatizare, cinescoape, semiconductoare etc., care oferă baza materială în vederea experimentării practice de către amatori a cunoștințelor teoretice acumulate în școală. Deprinderea și îndemînarea de a realiza cu mijloace proprii la început modele, apoi aparate și construcții radio din ce în ce mai complicate constituie rodul unei munci îndelungate cu eforturi răsplătite de reale satisfacții.

Radioamatorismul, *pe lîngă o pasionantă preocupare științifică, este de asemenea și o bună cale de pregătire tehnică personală cu care orice tînăr poate deveni util societății prin dobîndirea unei specialități încă de pe băncile școlii. Dar formarea cadrelor tehnice, se știe, este un proces îndelungat care necesită o disciplină și un program de însușire sistematică a cunoștințelor științifice, precum și efectuarea unor lucrări practice. Un loc deosebit în acest proces s-a dovedit a-l ocupa activitatea radioamatorilor în cercurile de radiotehnică de pe lîngă instituțiile de învățămînt, uzine, case de cultură, precum și în radiocluburi. Aici, tineretul își întregește cunoștințele de matematică, fizică, mecanică și poate verifica practic partea teoretică însușită. Tot în aceste cercuri de radiotehnică se formează deprinderile și îndemînarea în lucrări tehnice, fiind stimulate imaginația și gîndirea tehnică.*

Pentru a veni în sprijinul marelui număr de radioamatori, electroniști, tehnicieni, muncitori, elevi și studenți preocupați de a se pregăti în acest domeniu, au fost publicate în țara noastră în ultimii ani o serie de lucrări de îndrumare tehnico-științifică în tiraje de masă. Asemenea cărți avînd un conținut interesant și o frumoasă prezentare grafică au fost totdeauna bine primite de cititori.

Învățarea într-un cadru colectiv, respectiv în cercurile de radiotehnică a „tainelor" radiofoniei este o orientare modernă realist-științifică, deoarece oferă pe lîngă avantajele unei instruiri temeinice și posibilitatea dezvoltării spiritului de inițiativă și un mod de a petrece timpul liber util și plăcut.

Un prețios ajutor în organizarea muncii cercurilor de radiotehnică îl oferă, așadar, cărțile de specialitate. Prin lucrarea de față dorită a fi un ghid, urmărim să satisfacem această cerință, parcurgînd în mai multe capitole elementele de bază absolut necesare inițierii amatorilor în radioelectronică.

Astfel la începutul cărții se dau noțiunile de electrotehnică și fizică electronică după care urmează descrierea pieselor radio, a tuburilor electronice și a semiconductoarelor.

În partea a doua se dau sfaturi privind utilarea laboratorului, practica montajelor radio și modul de construire a unor machete didactice pe care, cu un minimum de piese, tuburi și semiconductoare se pot efectua mai multe montaje prin trecerea de la simplu la complex, de la ușor la greu, conform schemelor prezentate.

Sperăm că această lucrare să fie de un real ajutor în inițierea unui număr cît mai mare de radioamatori începători, iar pentru cei avansați să constituie o sursă de completare a cunoștințelor, un îndrumător metodic.

AUTORUL

I. ORGANIZAREA CERCULUI DE RADIOTEHNICĂ

Înscrierea membrilor în cercurile de radio, care funcționează atît în școli cît și în unități industriale, case de cultură și alte organizații obștești de răspîndire a cunoștințelor tehnico-științifice în rîndul maselor este benevolă, ținîndu-se seama doar de studiile lor de bază. Repartizarea cursanților pe grupe se va face în funcție de pregătirea anterioară (începători sau avansați), de capacitatea de asimilare a materiei predate, de talentul și îndemînarea lor.

Cursurile și lucrările de laborator pot fi ținute o dată sau de două ori pe săptămînă, cîte 3 ore. O grupă poate fi alcătuită din 20—25 de membri, împărțiți în 3—4 subgrupe, pentru ca fiecare cursant să poată fi îndrumat individual și să participe direct la activitatea cercului.

Pentru desfășurarea unei activități în condiții optime este necesar ca pe lîngă pricepere și pasiune, conducătorul cercului de radio să pună la dispoziția cursanților și utilajul mecanic, electric și electronic adecvat programei. Expunerile teoretice vor fi concretizate prin demonstrații și lucrări practice de laborator, depanare, construcții.

Tematica pe care o prezentăm mai jos cuprinde subiecte privind electricitatea, fenomenele electromagnetice, circuitele și elementele sale, principiul radiocomunicațiilor, aparate de măsură electrice, tuburi electronice și dispozitive semiconductoare, practica montajelor radio etc.

Această tematică este orientativă, ea putînd fi adaptată la nivelul de cunoștințe al grupei.

Datorită volumului mare de cunoștințe teoretice la care a ajuns radioelectronica, în lucrarea de față nu au putut fi dezvoltate toate temele din programa propusă mai jos, punîndu-se accentul mai mult pe latura practică. Tematica redată se referă la cursuri de radiotehnică desfășurată anual pe 32 de săptămîni. Recomandăm pentru demonstrații folosirea planșelor didactice descrise în lucrare.

Tematica cercului de radiotehnică

1. *Prezentarea tematicii anuale și a programului de lucru.* Prezentarea sculelor, aparatelor și surselor electrice necesare cercului, măsuri de tehnica securității și protecția muncii.

2. *Noțiuni de electrotehnică și electronică.* Curentul electric. Electronii și sarcinile electrice. Sursele de curent electric și gruparea lor. Intensitate. Tensiune. Rezistența electrică. Legea lui Ohm. Legarea în serie și în paralel. Măsurarea intensității curentului electric și a tensiunii.

3. *Fenomene electromagnetice.* Magneții permanenți și proprietățile lor. Inducția electromagnetică. Curentul alternativ și aplicațiile lui. Condensatoare și bobine. Reactanța inductivă și capacitivă. Curenți alternativi nesinusoidali. Experiențe și demonstrații. Radiosimboluri.

4. *Aparate electrice de măsurat.* Principii de măsurare și construcția aparatelor. Tipurile aparatelor electrice de măsurat și modul lor de utilizare. Simboluri și citirea scării de măsură. Eroare de măsurare și clasa de precizie a instrumentului. Operații de măsurare cu voltmetrul, ampermetrul și ohmmetrul.

5. *Oscilații mecanice și oscilații electrice.* Producerea oscilațiilor mecanice. Circuite oscilante electrice. Frecvența oscilațiilor libere. Oscilații întreținute (forțate). Rezonanța. Circuite oscilante serie și paralel. Circuite oscilante cuplate. Unde electromagnetice. Gama de unde. Emisia și recepția semnalelor radio. Propagarea undelor. Experiențe și demonstrații pentru punerea în evidență a oscilațiilor cu ajutorul machetei din cap. VIII al lucrării.

6. *Piese și materiale radio.* Semne convenționale folosite în radiotehnică. Rezistențe, condensatoare, bobine. Conectarea lor în circuit. Transformatoare-calcul și construcție. Recunoașterea pieselor radio după semnele convenționale. Citirea schemelor. Controlul pieselor radio. Lipirea pieselor radio. Codul culorilor pentru rezistențe și condensatoare.

7. *Tuburi termoelectronice cu vid.* Emisia electronică. Construcția și funcționarea unei diode cu vid. Circuitul diodei. Caracteristici. Trioda cu vid. Construcția, funcționarea, caracteristicile și parametrii triodei. Tuburi cu mai multe grile și tuburi multiple. Tuburi electronice cu gaze (ionice) și tuburi catodice. Simboluri de tuburi electronice. Desenarea schemelor de principiu și montaj.

8. *Redresoare.* Scheme de redresare a unei singure alternanțe și a ambelor alternanțe. Redresarea cu dublarea tensiunii. Stabilizatoare de tensiune. Construcția unui alimentator-redresor pentru radioreceptor.

9. *Aparate electroacustice.* Proprietățile sunetului. Microfonul și receptorul. Difuzoare. Doze de citit sunetul. Noțiunea de *fon* și *decibel.* Probleme de electroacustică.

10. *Amplificatoare.* Trioda ca amplificatoare. Amplificatoare de audiofrecvență cu tuburi electronice de semnal mic și de putere. Reacția în amplificatoarele de audiofrecvență. Amplificatoare de radiofrecvență. Amplificatoare de curent continuu. Construirea unui amplificator.

11. *Oscilatoare.* Trioda ca oscilatoare. Oscilatoare cu inductanță și capacitate (*LC*) Negativarea automată prin curenți de grilă. Amorsarea și amplitudinea oscilațiilor. Noțiunea de rezistență negativă. Scheme de oscilatoare *LC* și *RC.* Demonstrația importanței negativării unui tub electronic.

12. *Modulatoare și demodulatoare.* Tipuri de modulație. Circuite de modulație. Circuite de detecție. Cir-

cuite de schimbarea frecvenței. Desenarea schemelor cu modulație pe grilă și pe placă.

13. *Dispozitive semiconductoare.* Conductibilitatea de tip *n* și de tip *p*. Diode semiconductoare. Polarizarea directă și inversă. Caracteristica de funcționare a diodei semiconductoare. Diode Zener Varicap. Diodele (celulele) redresoare. Încercarea dispozitivelor semiconductoare prin diferite metode. Tranzistoarele de tip *pnp* și de tip *npn*. Analogia tranzistor-triodă. Simboluri pentru reprezentarea tranzistorului. Tiristorul, termistorul, varistorul. Verificarea și măsurarea tranzistoarelor.

14. *Montaje cu dispozitive semiconductoare.* Scheme cu 1, 2, 3, 4 tranzistoare. Realizarea suportului și fixarea pieselor. Montajul unui radioreceptor cu tranzistoare. Funcțiile etajelor.

15. *Radioreceptoare cu amplificare directă.* Schema de principiu. Pregătirea materialelor necesare realizării receptorului, fixarea pieselor pe suport, conectarea și încercarea montajului.

16. *Radioreceptorul superheterodină.* Principiul de funcționare a superheterodinei *MA* după schema bloc. Etajul schimbător de frecvență. Amplificarea frecvenței intermediare *F. I.* Detectorul și oscilatorul local. Amplificarea de audiofrecvență. Indicatorul optic de acord și recepția semnalelor modulate în frecvență.

17. *Aparate pentru verificarea pieselor și depanarea radioreceptoarelor.* Avometrul, voltmetre electronice, generatoare de audiofrecvență, punți pentru măsurarea rezistențelor, bobinelor și condensatoarelor. Încercător de tranzistoare.

18. *Parametrii radioreceptoarelor.* Gamele de undă, sensibilitatea, selectivitatea, caracteristica de frecvență a etajelor de audiofrecvență, fidelitatea electrică, puterea nominală de ieșire. Circuite de automatizare în radioreceptoare.

19. *Pregătirea radioreceptoarelor pentru reparații.* Analiza funcționării și controlul vizual al radioreceptorului. Verificarea tensiunilor și curenților. Verificarea polarizării tranzistoarelor. Măsurarea curenților tranzistoarelor. Verificarea funcționării etajelor cu trasorul de semnal. Verificarea și înlocuirea pieselor după localizarea defectului.

20. *Alinierea radioreceptoarelor.* Reacordarea etajelor de *FI-MA*; *RF-MA*; *FI-MF*; *FIF* din blocul *UUS*. Defecte curente și cauzele lor. Aparate necesare pentru realinierea radioreceptoarelor. Metode de realiniere.

II. NOȚIUNI DE FIZICĂ ELECTRONICĂ

Pentru a aprofunda studiul elementelor electrice a căror funcționare se bazează pe fenomenele de conducere a curentului electric prin gaze și vid (în tuburi electronice) precum și prin dispozitivele semiconductoare este necesar să amintim unele noțiuni privind structura materiei.

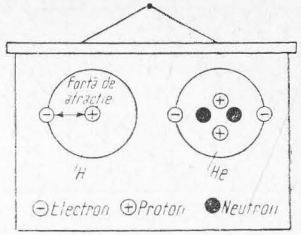
După două milenii de cercetări, începute de învățatul grec Democrit, ipotezele și teoriile moderne au definit ca *materie* orice substanță care are greutate, volum și alte caracteristici fizice.

În natură se întîlnesc „corpuri simple", sau elemente, și „corpuri compuse", combinații de mai multe elemente. Cea mai mică parte dintr-un element ori corp compus este *molecula*. Aceasta nu poate fi divizată fără ca proprietățile corpului să nu se schimbe. Toate corpurile sînt, așadar, compuse din molecule, care nu se pot vedea. În solide, cum sînt metalele, pietrele etc., moleculele sînt strîns unite, pe cînd în lichide și gaze ele se mișcă și se împrăștie dacă nu sînt închise într-un spațiu restrîns.

Moleculele la rîndul lor sînt alcătuite din doi sau mai mulți *atomi*. Ipoteza existenței atomului (și cu aceasta pătrundem în microcosmos) este foarte veche (cca 2500 de ani), dar, în științele pozitive moderne, ea a fost introdusă acum 167 ani de fizicianul Dalton.

Atomul este cea mai mică parte din materie, neutră din punct de vedere electric, care poate intra în combinații chimice. Un atom este asemănător unui sistem solar în miniatură, avînd în centru un nucleu, format din protoni, echilibrați cu neutroni, în jurul

Fig. 1 Schema atomilor de hidrogen (H) și heliu (He).



cărora se rotesc pe diferite orbite, cu o viteză de 2 200 km/s, unul sau mai mulți electroni, particule elementare de sarcină negativă.

Singura diferență între sistemul solar și atom ar fi că planetele se învîrtesc în jurul Soarelui pe orbite aflate aproximativ în același plan, în timp ce orbitele electronilor sînt situate în planuri diferite.

Din cele peste 100 elemente chimice, hidrogenul are cea mai simplă structură : el este compus dintr-un singur electron ce se mișcă pe orbită în jurul unui singur proton așa cum se vede în *fig. 1.*

Heliul are doi electroni, iar uraniul de pildă are 92 protoni + 146 neutroni în nucleu, în total deci ; 238 particule și 92 electroni sateliți. Aceasta înseamnă că atomul de uraniu este de 238 ori mai greu decît atomul de hidrogen, adică are „masa atomică" =238. De asemenea, numărul atomic al elementului respectiv este dat de numărul de protoni pe care-i posedă, de pildă heliul = 2, cuprul = 29, uraniul = 92 etc.

Electronul este particula elementară de sarcină negativă (—), avînd masa neglijabilă în raport cu nucleul, care are o sarcină pozitivă (+).

S-a spus că orbitele pe care se rotesc electronii în jurul nucleului nu se află în același plan ca în cazul sistemului solar. Dar ele nu sînt situate la întîmplare ci ocupă 7 „sfere" sau nivele de energie notate de la centru spre exterior K, L, M, N, O, P, și Q (după cum este cazul atomului de radiu). Electronii din straturile interioare (K și L) ocupă cele mai mici (joase) nivele de energie iar electronii mai depărtați

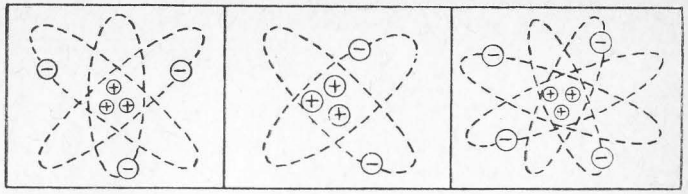


Fig. 2 Schemă de atomi și ioni.

de nucleu sînt plasați pe un nivel de energie mai mare.

Pentru nivelul de energie al particulelor s-a ales o unitate de măsură specială, electronvoltul (eV), deoarece unitățile obișnuite de energie, de exemplu J (joule), au valori prea mari. Se precizează că sarcina electronului este :

$$1 \text{ eV} = 1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ J}.$$

Deși toți atomii sînt formați din protoni, neutroni și electroni, nu toți au aceleași însușiri. Astfel, dacă într-un atom numărul electronilor este egal cu cel puțin al protonilor, cele două sarcini electrice se neutralizează reciproc și atomul se numește *neutru*. (*fig. 2, a*).

La anumite substanțe, electronii stratului exterior, fiind mai puțin atrași de sarcina nucleului, pot să părăsească atomul dacă primesc din afara lui o energie suplimentară și trec pe un nivel de energie superior. Din acest moment se distruge echilibrul, electronul desprins de atom devenind „electron liber". Atomul care a pierdut electronul se transformă într-un „ion pozitiv" (*ionizare*), ca în *fig. 2, b*.

Fenomenul se poate produce însă și în sens contrar. Unul sau mai mulți electroni ce se găsesc în imediata apropiere a unui alt atom pot să fie atrași de acesta și să treacă pe una din orbitele exterioare ale sale. Sarcina negativă a noului atom crescînd,

acesta își pierde neutralitatea electrică și devine un „ion negativ" (*fig. 2, c*).

În cazul în care un ion pozitiv întîlnește un electron liber, ei se pot „recombina" într-un atom neutru (*recombinare*). De pildă, doi atomi de hidrogen (H) își cedează fiecare cîte un electron pentru a se completa numărul de 8 electroni necesari pe orbita exterioară *L* a oxigenului (O) în vederea formării unei molecule de apă (H_2O). Sodiul care posedă un singur electron pe orbita sa exterioară *M* se asociază cu cei 7 electroni aflați pe orbita exterioară a atomului de clor (Cl) pentru a forma clorura de sodiu (NaCl).

Dacă se analizează din punctul de vedere al nivelelor de energie ultimul strat de electroni aflați pe orbita exterioară dintr-un atom oarecare, se constată următoarele :

— atomul a cărui orbită exterioară conține mai puțin de 4 electroni periferici poate să elibereze din electronii săi atomilor vecini (cazul metalelor) ;

— cînd orbita exterioară conține mai mult de 4 electroni, atomul refuză cedarea lor (clasa izolatoarelor electrice sau dielectricii).

— dacă orbita exterioară conține 4 electroni (cazul germaniului și al siliciului), această substanță se va afla între materialele conductoare și cele izolatoare (semiconductoare).

Se mai precizează că atomii corpurilor solide fiind așezați într-o ordine perfectă, majoritatea acestor corpuri posedă o structură cristalină.

Tot în legătură cu ultimul strat de electroni al atomilor din materialele conductoare, izolatoare și semiconductoare se mai pot constata unele însușiri, din punctul de vedere al nivelelor de energie (*fig. 3*) și anume :

— materialele conductoare de curent electric (metalele) se caracterizează prin faptul că banda (zona) ocupată (*A*) și banda liberă (*C*) se întrepătrund adică nu există bandă interzisă, și electronii pot trece liberi din banda de valență în banda de conducție (*fig. 3 a*) ;

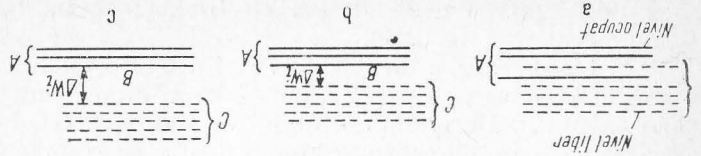


Fig. 3 Benzi de energie la materialele electrice : *a* — conductoare ; *b* — semiconductoare ; *c* — izolante ; *A* — bandă ocupată ; *B* — bandă interzisă ; *C* — bandă liberă.

— materialele semiconductoare au banda interzisă (*B*) relativ îngustă — de cca. 1 eV și în anumite condiții electronii pot trece din banda de valență în cea de conducție (*fig. 3, b*) ;

— materialele izolante — numite și dielectrici — posedă o bandă interzisă relativ mare (5 ... 10 eV), iar electronii nu se pot deplasa, deci nu permit circulația curentului electric datorită rigidității dielectrice (*fig. 3, c*).

Notă. Dintre metale s-a luat ca etalon cu cea mai bună conductibilitate electrică (100) argintul, după care urmează cuprul, aluminiul și altele.

Din familia corpurilor izolante din punct de vedere electric se folosesc sticla, uleiurile, bachelita, porțelanul, hîrtia, aerul, masele plastice etc. Izolant perfect nu există, în afară de vidul absolut — spațiul în care nemaiexistînd materie, adică atomi, nu pot exista nici electroni.

Mărimea W_i a benzii interzise este aceea care deosebește materialele între ele din punct de vedere electric.

În calea ieșirii electronilor din metal există o „barieră de potențial". Ea poate fi învinsă printr-o cantitate de energie suplimentară ce trebuie aplicată acestor electroni numiți „rapizi" pentru că sînt primii ce părăsesc metalul.

Procesul de ieșire a electronilor din metal poartă numele de *emisiune electronică*. Aceasta este de mai multe feluri : termoelectronică, fotoelectronică, secundară și autoelectronică.

În afară de electroni, protoni și neutroni, atomii mai cuprind și alte particule elementare (pozitroni, neutrini, mezoni) care însă nu formează obiectul rîndurilor de față.

Aplicațiile proceselor electronice în vid și gaze vor fi studiate în capitolul IV al lucrării.

Curentul electric

Curentul electric de conducție constă din mișcarea ordonată față de conductori a purtătorilor de sarcină electrică, liberi în interiorul lui. În conductoarele metalice, purtătorii de sarcină fiind electronii liberi, curentul electric se numește *curent electronic*. În lichide, purtătorii de sarcină fiind ionii pozitivi sau negativi, curentul electric se numește *curent ionic*.

Intensitatea curentului se măsoară prin numărul de electroni care trec în unitatea de timp (într-o secundă) prin conductor. Fluxul de electroni depinde parțial de *tensiunea electromotoare* (*t. e. m.*) sau diferența de potențial aplicată [care se măsoară în volți (V) și se înseamnă cu U] și parțial de *rezistența* opusă de conductor la trecerea curentului electric.

Curentul electric continuu (constant ori variabil) se poate produce numai într-un *circuit electric închis*. Acesta se compune dintr-o sursă, un receptor și conductoare de legătură (*fig. 4*). Sursa (generatorul) este caracterizat prin *t. e. m.* și rezistență internă iar receptorul (consumatorul) prin rezistența sa (electrică.)

Regimurile de funcționare a unei surse electrice pot fi : în sarcină (regim normal), în gol și în scurt circuit.

Relația matematică dintre curentul, tensiunea și rezistența din circuit este dată de *legea lui Ohm* $I = U/R$, unde I este curentul în amperi, V este diferența de potențial (*t. e. m.*) în volți, iar R este rezistența în ohmi. Această formulă poate fi scrisă și astfel : $R = U/I$ sau $U = RI$.

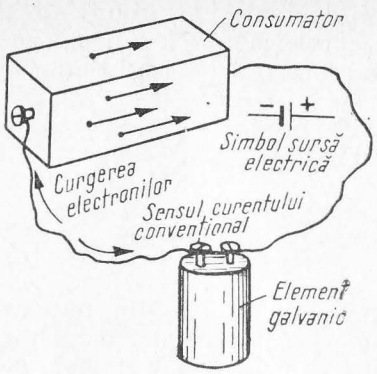


Fig. 4 Reprezentarea unui circuit electric.

Datorită ciocnirii electronilor din materialul rezistiv în receptor se mai consumă o anumită putere care va fi disipată sub formă de căldură. Puterea consumată se exprimă prin relația $P = UI$ sau $P = RI \cdot I = RI^2$ și are ca unitate de măsură wattul. În electronică însă adeseori se întîlnesc puteri mici de ordinul miliwaților (mW), alături de puteri mai mari de ordinul kilowattului (kW).

În fizică și în tehnică se consideră ca sens convențional de circulație a curentului electric sensul opus deplasării electronilor.

Condensatoare și bobine

Pe lîngă *rezistoare*, care sînt dispozitive formate dintr-un conductor avînd o anumită rezistență electrică, de valoare fixă sau variabilă, în electronică se mai folosesc condensatoare (capacitoare) și bobine (inductoare). Funcționarea acestora este legată de noțiunile de cîmp electric (la condensatoare) și cîmp magnetic (la bobine), forme particulare ale cîmpului electromagnetic — o formă specială a materiei. Unitatea de măsură pentru rezistență este ohmul (Ω).

Condensatorul (*C*) este un dispozitiv constînd din două sisteme conductoare izolate între ele și numite

„armături", care posedă o capacitate (electrică). Unitatea de măsură pentru capacitate (capacitanța) este *faradul* (de la numele lui Faraday) și submultiplii săi microfaradul (μF), picofaradul (pF) și nanofaradul (nF).

Bobina (*L*) este o piesă radio alcătuită dintr-un număr de spire răsucite sub forma unui solenoid pe o carcasă izolatoare cu sau fără miez magnetic. Cînd prin firul bobinei trece curentul electric, apare în jurul său un cîmp magnetic care induce în circuit o *t. e. m.* care se opune schimbării tensiunii aplicate. Acest fenomen se numește autoinducție iar circuitul se spune că posedă inductanță. Unitatea de măsură a inductanței se numește *henry*, avînd ca submultiplii milihenry (mH) și microhenry (μH).

Formele practice și datele despre rezistențe, condensatoare și bobine sînt prezentate în capitolele III și VI.

Forme de undă, impulsuri

În electronică și radiotehnică se utilizează pe scară largă pe lîngă *curentul continuu* (*c. c*), numit astfel deoarece are o intensitate constantă și nu își schimbă sensul, și *curentul alternativ* (*c. a.*).

În cazul curentului alternativ, intensitatea și sensul lui se modifică în timp, crescînd într-un sens, pînă ce trece prin punctul zero, apoi crește din nou, dar în sens opus (*fig. 5 a*). O schimbare completă a sensului, cu trecere prin zero, se produce într-o *perioadă* (*T*).

Curentul alternativ poate fi privit ca o succesiune de oscilații ale electronilor din circuit. Numărul care arată cîte oscilații efectuează curentul alternativ într-o secundă se numește frecvența curentului și se exprimă prin relația $f = 1/T$ adică prin inversul perioadei. Unitatea de măsură a frecvenței se numește *hertz* (Hz) avînd ca multiplii kilohertzul (kHz), egal cu 1 000 Hz, și megahertzul (MHz), egal cu 1 000 000 Hz.

În afară de *c. c.* și *c. a.* mai există și curenți nesinusoidali, numiți pulsatori, sub formă de impulsuri.

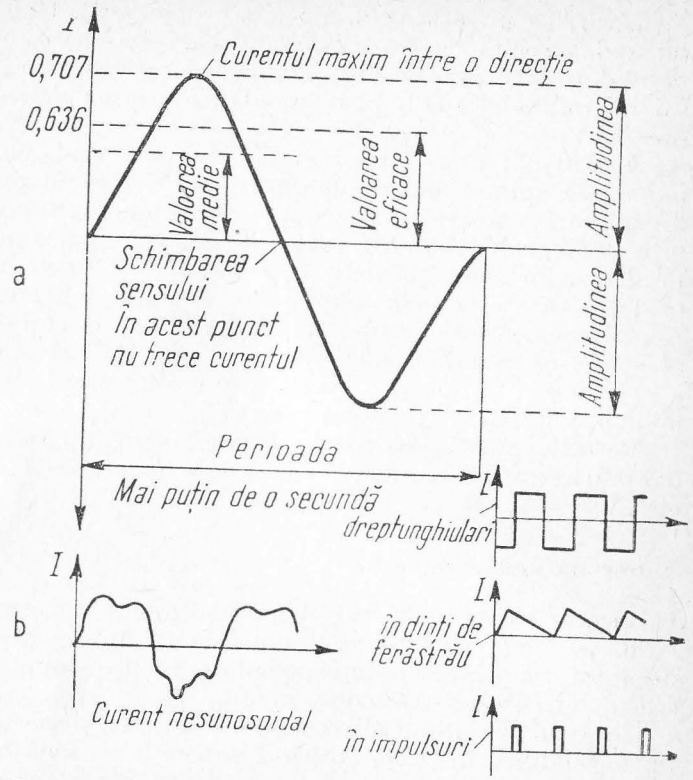


Fig. 5. Reprezentarea grafică a variației în timp a curentului alternativ: *a* — curent sinusoidal; *b* — curenți nesinusoidali.

Curenții alternativi *nesinusoidali* variază în timp, dar în mod mai neregulat, și au cele mai diferite forme. Ei pot fi reprezentați ca o suprapunere de curenți sinusoidali de diferite frecvențe. Acești curenți componenți se numesc *armonici*; prima armonică, a cărei frecvență este egală cu cea a curentului nesinusoidal, se numește componentă *fundamentală*; cea de a doua frecvență se numește armonica a doua etc. (*fig. 5, b*).

Comportarea condensatorului în curent alternativ

Un condensator intercalat într-un circuit de curent continuu nu lasă să circule curentul din cauza izolantului aflat între armăturile sale (aer, sticlă, mică). Dimpotrivă, dacă se aplică aceluiași condensator o tensiune alternativă, electronii din circuit se vor afla într-o permanentă mișcare oscilatorie, trecînd de pe o armătură pe alta dar nu prin dielectricul acestuia ci prin restul circuitului. Legea lui Ohm pentru un condensator în acest caz se poate scrie sub forma:

$$I = \frac{U}{X_c}$$

unde X_c este o mărime denumită *reactanță capacitivă*. Această reactanță are expresia:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{6{,}28\,fc} = \frac{1}{\omega c},$$

în care f este frecvența curentului, iar C este capacitatea condensatorului. Termenul X_c rezultă în ohmi (Ω). Cu cît valoarea frecvenței crește, cu atît reactanța condensatorului devine mai mică.

Comportarea bobinei în curent alternativ

În curent continuu, rezistența bobinei este determinată doar de rezistența conductorului din care este confecționată. În curent alternativ, rezistența totală a bobinei crește, deoarece apar pierderi de energie în materialele izolante și în miezul magnetic precum și datorită fenomenului de inducție proprie (autoinducție) care face ca bobina să „opună o rezistență" mai mare decît cea în curent continuu. Rezistenței în curent continuu i se adaugă deci o mărime, care se

numește *reactanță inductivă*, notată cu $X_L = \omega L = 2\pi fL \approx 6{,}28\, fL$, unde mărimea $\omega = 6{,}28\, f$ și se numește pulsația sau frecvența unghiulară a curentului alternativ. Reactanța inductivă a bobinei dată în ohmi crește cu frecvența, rezistența ei devenind neglijabilă iar legea lui Ohm se poate scrie:

$$I = \frac{U}{X_L},$$

unde I este curentul prin bobină, iar U este tensiunea aplicată bobinei.

Legea lui Ohm pentru circuitul de curent alternativ

Relația cunoscută în curent continuu devine aici următoarea:

$$I = \frac{U}{Z},$$

în care I este valoarea eficace a curentului alternativ sinusoidal; U — valoarea eficace a tensiunii sinusoidale la capetele acestui circuit; Z — impedanța circuitului respectiv la frecvența curentului.

Cînd se leagă în serie bobine și condensatoare reale, în mod inevitabil este introdusă și rezistența de pierderi a acestor piese. Introducînd ca reactanță mărimile X_C și X_L, se obține impedanța totală a circuitului:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

Aceasta este formula generalizată a legii lui Ohm pentru circuitul de curent alternativ.

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fc}\right)^2}}$$

unde toți termenii expresiei au fost menționați mai sus.

III. OSCILAȚII ELECTRICE

Lumea oscilațiilor este variată. Ele sînt procese care se repetă de multe ori aproximativ după intervale egale de timp. Procesele oscilatorii sînt larg răspîndite în natură și în tehnică. Se întîlnesc sau se pot produce oscilații mecanice, luminoase, termice, și moleculare, electrice și electromagnetice.

În radiotehnică se utilizează diferite tipuri de oscilații electrice și mecanice. Dintre acestea, se pot menționa de exemplu, oscilațiile membranelor difuzoarelor și microfoanelor, oscilațiile curenților și tensiunilor etc.

Oscilațiile electrice se pot produce într-un circuit oscilant format dintr-o bobină L, dintr-un condensator C și un comutator B.

Dacă încărcăm condensatorul C, punînd comutatorul B pe poziția 1, și apoi îl descărcăm pe bobina L, descărcarea aceasta va avea un caracter oscilant. Descărcarea condensatorului printr-o rezistență pur ohmică (R) este întotdeauna *neoscilatorie* (*aperiodică*). Bobina însă permite să se obțină o descărcare oscilatorie, deoarece circuitul este constituit numai dintr-o capacitate și o inductanță, care sînt rezistențe reactive și nu consumă aproape deloc energie. Datorită inductanței, curentul scade treptat, fiindcă tensiunea electromotoare de autoinducție îl împiedică să mai crească. Bobina funcționează ca și un generator, care încarcă condensatorul. Electronii trec de pe o armătură pe alta. În circuit se produc oscilații libere ale curentului și tensiunii. Ele au o formă sinusoidală.

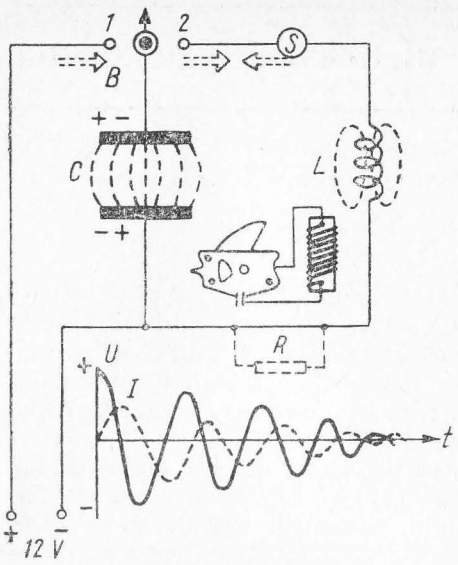


Fig. 6 Schemă pentru producerea oscilațiilor electrice.

Frecvența circuitului oscilant electric depinde în primul rînd de valoarea capacității și inductanței (C și L). Cu cît inductanța și capacitatea au o valoare mai mare, cu atît perioada oscilațiilor libere este și ea mai mare, deci cu atît frecvența lor este mai mică. Reprezentarea dependenței matematice a frecvenței este:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{6{,}28\sqrt{LC}}$$

Aici f se exprimă în herți, L în henry și C în farazi. Pînă acum, am considerat un circuit compus numai dintr-o capacitate și o inductanță. În realitate însă, orice circuit oscilant mai are și o rezistență ohmică R — numită și rezistență de pierdere, conectată în serie cu capacitatea și inductanța. Această rezistență ohmică duce la amortizarea oscilațiilor a căror amplitudine scade treptat. Oscilațiile libere dintr-un circuit real sînt întotdeauna amortizate.

Să presupunem că am putea să manevrăm comutatorul B în ritm cu frecvența proprie a circuitului, astfel încît să conectăm sursa electrică în momentul cînd pe placa de sus a condensatorului C se află electroni (sarcini negative). Bateria ar contribui la încărcarea condensatorului, ar adăuga o cantitate de energie și ar compensa astfel pierderile. Numai cu un tub electronic se pot obține oscilații neamortizate, adică întreținute.

Spre deosebire de oscilațiile amortizate, oscilațiile întreținute nu se efectuează singure, ci se produc tot timpul, sub acțiunea unei forțe exterioare. Dacă legăm circuitul la un generator de curent alternativ, prin circuit va circula un curent alternativ, de o frecvență egală cu cea a generatorului, oricare ar fi ea, adică se vor produce în circuit oscilații forțate, de aceeași frecvență cu a generatorului.

În cazul cînd frecvența generatorului este egală cu frecvența proprie a circuitului, adică se găsesc la rezonanță, amplitudinea oscilațiilor crește brusc, devine maximă și e suficientă o cantitate mai mică de energie pentru a întreține oscilațiile.

Fenomenul datorită căruia obținem amplitudinea maximă a oscilațiilor întreținute, în cazul cînd frecvența *t. e. m.* exterioară este egală cu frecvența proprie a circuitului, se numește „rezonanță". Cuvîntul „rezonanță" arată că circuitul oscilant „răspunde" la oscilațiile *t. e. m.* exterioare de aceeași frecvență.

Rezonanța poate fi obținută fie prin variația frecvenței generatorului, fie prin aceea a frecvenței circuitului, schimbînd valorile lui C și L.

Undele electromagnetice

Un curent alternativ de înaltă frecvență circulînd printr-un conductor face să apară în jurul conductorului cîmpuri variabile, unul electric și altul magnetic, care formează, împreună, un cîmp electromagnetic. Acest cîmp nu rămîne pe loc în jurul conducto-

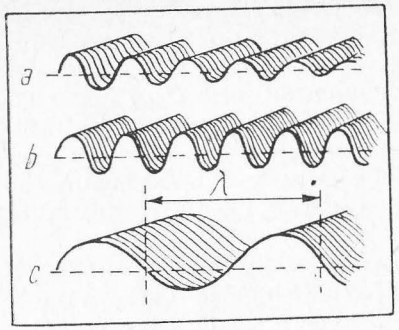


Fig. 7 Unde amortizate și unde întreținute.

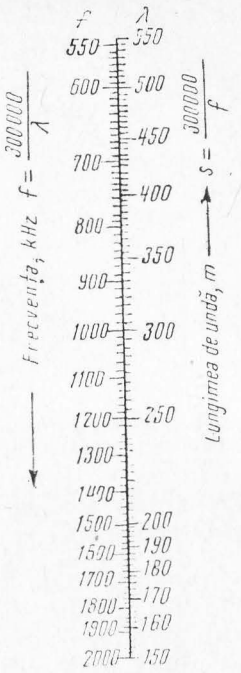
rului, ci se propagă în toate direcțiile, cu o viteză de circa 300 000 km/s.

Un cîmp electromagnetic alternativ de înaltă frecvență propagat în spațiu se numește „undă electromagnetică". Undele folosite în radiocomunicații sînt tot de natură electromagnetică. Se știe că orice vibrație dă naștere unei unde. Un diapazon, un clopoțel generează unde sonore. Aruncînd o piatră pe suprafața unei ape liniștite, se produc unde circulare de aceeași formă în jurul punctului de cădere a pietrei, unde care se propagă pînă la marginea apei. Precizăm că moleculele apei nu se deplasează, ci doar transmit mișcarea produsă de căderea pietrei. Unda transportă doar energie, nu și materie, adică apa nu se deplasează în sensul propagării.

Dacă vom arunca un dop de plută pe undele apei, vom observa că ele imprimă dopului oscilații care îl ridică și îl coboară cu regularitate, fără să-l deplaseze de la locul inițial (*fig. 7*).

Undele formează totdeauna un „tren de unde", adică merg unele după altele ca vagoanele unui tren. În cazul aruncării pietrei se produc unde amortizate; lovind însă continuu apa cu un baston iau naștere unde întreținute. Înălțimea unei creste a valului se numește „amplitudinea mișcării ondulatorii". Timpul care desparte două treceri succesive ale unui cîmp

Fig. 8 Nomogramă privind corespondența între lungimea de undă și frecvență.



mobil prin același loc se numește „perioadă" (τ), cum s-a menționat la teoria curentului alternativ.

Numărul de perioade pe secundă se numește „frecvență" (f). Între frecvența f, viteza undelor electromagnetice v, și lungimea de undă λ există relația:

$$\lambda = \frac{v}{f}; \quad \text{Ex. } \lambda_m = \frac{300\,000\,000}{1\,000\,000} = 300 \text{ metri}$$

Cunoscînd că $f = \frac{1}{T}$, rezultă: $\lambda = v \cdot T$.

În fig. 8 este dată o nomogramă cu ajutorul căreia se poate transforma λ în f și invers.

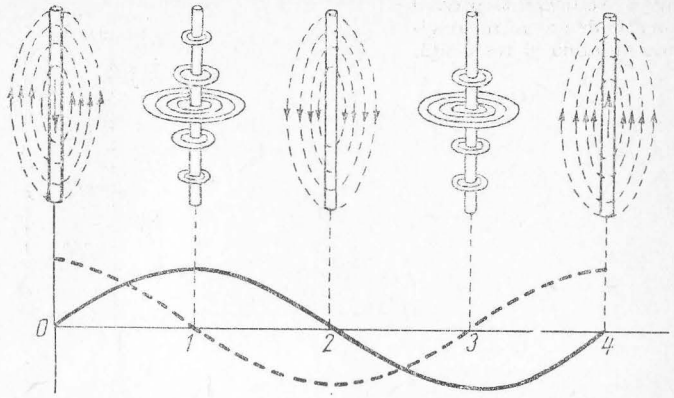


Fig. 9 Schema producerii oscilațiilor libere într-un conductor deschis (antenă)

Propagarea undelor electromagnetice

A produce unde electromagnetice este foarte ușor, mai ușor chiar decît a „scoate" electroni dintr-un corp prin încălzirea acestuia. Orice scînteie electrică generează unde electromagnetice care deranjează radiocomunicațiile, fiind o undă parazită, nedorită.

La începutul radiotehnicii, oamenii au recurs la ajutorul scînteilor electrice pentru a comunica la distanță într-un cod anume. Curînd însă, procedeul a fost părăsit în favoarea generatorului de oscilații electrice produse cu ajutorul tuburilor electronice.

Undele electromagnetice iau naștere în prezența unei oscilații electrice. Propagîndu-se în spațiu undele electromagnetice transportă energia cîmpurilor electric și magnetic. Pe *fig. 9*, graficul tensiunii și al cîmpului electric corespunzător sînt indicate prin linii punctate, pe cînd graficul curentului și al cîmpului magnetic corespunzător sînt indicate prin linii continui.

Astfel, într-un circuit deschis (antenă) în jurul fiecărui element al conductorului apare atît un cîmp

electric cît și unul magnetic ale căror plane sînt perpendiculare unul pe altul.

În general, orice undă electromagnetică se propagă în linie dreaptă întocmai ca lumina. Propagarea undelor depinde foarte mult de natura suprafeței solului, mai ales în cazul *undelor lungi*. *Undele medii*, la aceeași putere de emisie ca și a postului emițător pe unde lungi, se propagă la distanțe mai mari decît

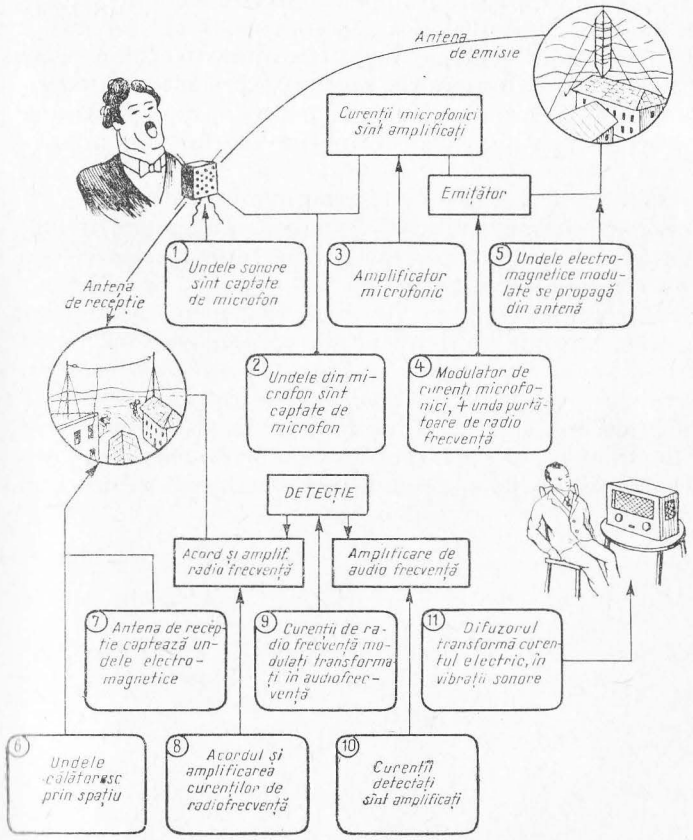


Fig. 10 Mecanismul emisiei și recepției programelor de radio.

undele lungi. *Undele scurte* se propagă către straturile superioare ale atmosferei și, izbindu-se de păturile ionizate ale acesteia, formate în mare parte din molecule ionizate și electroni liberi, se reflectă spre Pămînt în alt punct. *Undele ultrascurte* (metrice, decimetrice, centimetrice) se propagă și mai puțin la suprafața Pămîntului și nici nu sînt reflectate de straturile ionizate, pătrunzînd direct în spațiul cosmic.

Am amintit mai sus numai cîteva din particularitățile de propagare a undelor electromagnetice, aceste fenomene fiind destul de complexe.

Urmărind schema bloc cu ajutorul celor spuse pînă acum, ne putem da seama despre modul de producere a oscilațiilor electromagnetice, propagarea acestora prin spațiu și transformările lor din nou în unde sonore (*fig. 10*).

Vibrațiile sonore se transformă în variații ale intensității curentului dat de sursă. Unda electromagnetică modulată în ritmul vibrațiilor sonore călătorește prin spațiu.

Ajunsă la antena de recepție, prin manevrarea condensatorului variabil al circuitului oscilant de intrare, unda de frecvență bine stabilită pătrunde în „etajele" radioreceptorului. Astfel, după o nouă amplificare în „înaltă frecvență", unda electromagnetică este detectată, apoi amplificată și transformată din nou în vibrații sonore de către membrana difuzorului.

IV. PIESE RADIO

Lista de piese ce însoțește o schemă de principiu a unui montaj radio cuprinde, pe lîngă valoarea nominală, și tipul, toleranța, precum și o serie de alte caracteristici ale lor.

a. *Rezistențe*

Rezistențele (denumite și rezistoare) folosite în practică sînt foarte diferite atît din punct de vedere constructiv, cît și din punct de vedere al caracteristicilor lor. Ele se împart în două grupe mari: rezistențe chimice și rezistențe bobinate. Atît unele, cît și celelalte pot fi fixe sau reglabile. Rezistențele bobinate sînt mai stabile la sarcini electrice îndelungate și la variația temperaturii și umidității.

În schemele de principiu, rezistențele se reprezintă sub forma unui dreptunghi, alături de care se trece o inițială cu un indice numeric. Puterea nominală de disipație se notează prin semne în interiorul dreptunghiului (*fig. 11*).

Notarea valorilor rezistențelor se face prescurtat (de exemplu 0,5 Ω; 7,5 Ω; 1 000 Ω; 22 kΩ; 1 MΩ). La unele rezistențe, de fabricație mai recentă, se întîlnesc notații de felul 2,0 — ceea ce înseamnă 2 MΩ, 2k — adică 2kΩ, 2T ceea ce înseamnă tot 2kΩ etc.

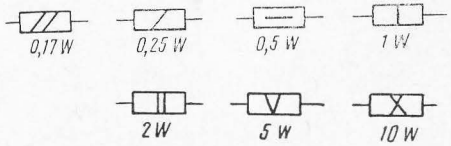


Fig. 11 Semne convenționale pentru notarea puterii convenționale a rezistențelor.

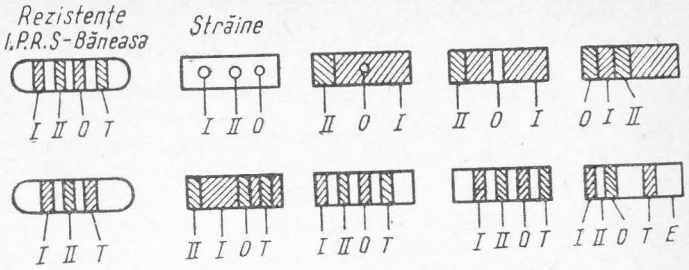


Fig. 12 Marcarea cu culori a valorii rezistențelor.

Din cauză că marcarea cu cifre prezintă dezavantaje, în ultimii ani s-a trecut la marcarea rezistențelor cu culori, după un cod internațional, folosit și în țara noastră de I. P. R. S. Băneasa. (*fig. 12* și tabela I).

De exemplu, o rezistență, cu 4 inele colorate cu inelul I — albastru, II — roșu, III — auriu, IV — auriu, are, conform tabelei, următoarea semnificație :

$$62 \cdot 0{,}1 = 6{,}2\ \Omega \pm 5\%.$$

Iată alte combinații de culori în ordinea inelelor : Maro, negru, roșu = 1 000 Ω (1kΩ) ± 20%
Roșu, roșu, verde, argintiu = 2 200 000 Ω (2,2 MΩ) ± ± 10%.

În circuitele de radiofrecvență se folosesc de obicei numai rezistențe chimice. În circuitele de audiofrecvență și în cele de curent continuu, fiind necesar să se disipe puteri mai mari decît 2—5 W, se utilizează mai mult rezistențe bobinate. Cînd trebuie ca valoarea rezistențelor să fie cît mai constantă, pentru obținerea unei precizii mari a măsurărilor, în aparatele de măsurat se utilizează rezistențe bobinate din fir de manganină și constantan. Rezistențele variabile sînt de tip reostat sau de tip potențiometru. Reostatele și potențiometrele de valori mari, în care nu trebuie să se disipe puteri importante, sînt chimice. Funcție de legea de variație a valorii rezistențelor, acestea se mai împart în trei grupe : rezistențe cu variație liniară

TABELA I

CODUL CULORILOR PENTRU REZISTOARE

Culoarea	Inelul I (prima cifră)	Inelul II (a doua cifră)	Inelul III (nr. de zerouri)	Inelul IV (toleranța)
Negru	0	0	0	—
Cafeniu (maro)	1	1	1	—
Roșu	2	2	2	—
Portocaliu (oranj)	3	3	3	—
Galben	4	4	4	—
Verde	5	5	5	—
Albastru	6	6	6	—
Violet	7	7	—	—
Cenușiu (gri)	8	8	—	—
Alb	9	9	—	—
Auriu	—	—	0,1	± 5%
Argintiu	—	—	0,01	± 10%

(uniformă) ; rezistențe cu variație logaritmică (la începutul rotirii butonului rezistența crește mult), iar apoi din ce în ce mai puțin); rezistențe cu variație exponențială la care, la început, rezistența crește lent, apoi din ce în ce mai repede. În *fig. 13 a, b, c, d, e* sînt prezentate diferite tipuri de rezistențe.

Printre defectele posibile ale rezistențelor fixe chimice amintim : arderea stratului rezistiv, spargerea corpului rezistenței, slăbirea colierelor terminale sau exfolierea unei porțiuni a stratului rezistiv. La rezistențele bobinate, pot surveni arderea firului rezistiv și slăbirea terminalelor sau a colierelor. Pentru rebobinarea unei rezistențe fixe bobinate spiră lîngă spiră se va folosi fir dublu : unul este sîrma rezistivă, iar celălalt, o sîrmă de cupru cu diametrul egal cu pasul spirei. După terminarea bobinajului, sîrma de cupru se debobinează și se acoperă spirele rezistenței cu lac de bachelită.

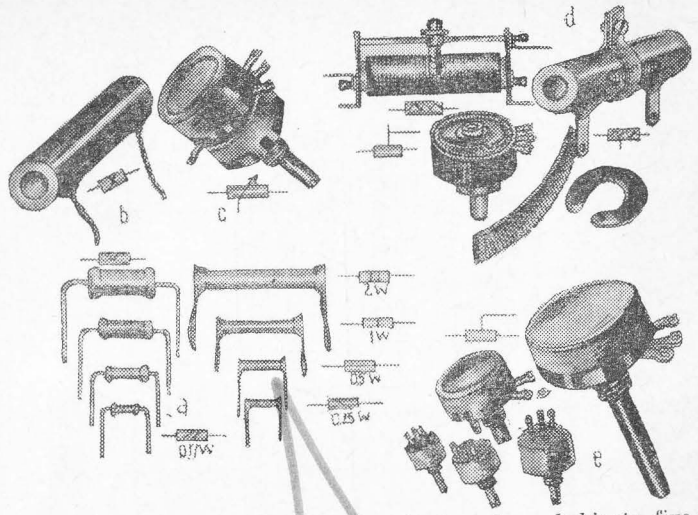


Fig. 13 Tipuri de rezistențe: *a* — chimice; *b* — bobinate fixe; *c* — bobinate variabile; *d* — bobinate emailate; *e* — potențiometre.

Încercarea electrică a potențiometrului se face cu ohmmetrul, iar în lipsa acestui aparat, se leagă unul din capetele potențiometrului la borna de antenă a unui radioreceptor. Celălalt, capăt, împreună cu un pol al unei baterii de lanternă, se conectează la borna de pământ, iar cursorul la al doilea pol al bateriei. În cazul unui contact imperfect, la rotirea cursorului se aud pocnituri puternice în difuzorul radioreceptorului, care are volumul într-o poziție mijlocie.

Micșorarea valorii unui potențiometru se realizează legîndu-i în paralel o rezistență, calculată după formula:

$$R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 - R_2}$$

De exemplu, la un potențiometru de 50 kΩ, pentru a obține o valoare de 20 kΩ, este nevoie de $R_p = \frac{20 \cdot 50}{50 - 20} = 33$ kΩ, care se montează în paralel cu bornele potențiometrului.

b. *Condensatoare (capacitoare).*

Condensatoarele folosite în radioelectronică se împart în trei grupe: fixe, ajustabile și variabile. Condensatoarele fixe, la rîndul lor, se împart în: condensatoare cu hîrtie, cu mică, ceramice electrolitice, styroflex etc (*fig. 14, a, b, c, d*).

Condensatoarele semivariabile se montează în circuitele de radiofrecvență, iar condensatoarele variabile servesc pentru acordul continuu al circuitelor oscilante de radiofrecvență.

Pe scheme, alături de litera *C* se notează și un număr de ordine, precum și valoarea condensatorului, astfel: de la 1 ... 10 000 se scrie p*F*, iar de la 10 000 pF în sus se notează în μF.

Capacitatea unui condensator de 3 300 pF de pildă se notează doar cu numărul 3 300, 20 000 pF cu 0,02 iar 10 μF cu 10,0.

La condensatoarele variabile și la cele ajustabile se specifică valroile extreme ale capacității (15—520 pF), iar la condensatoarele electrolitice, alături de

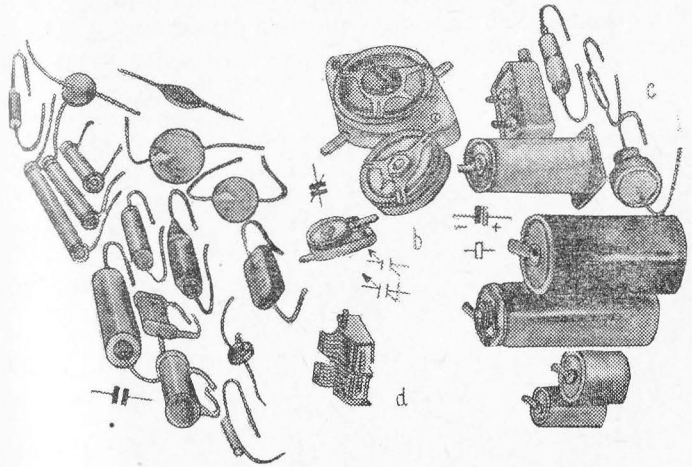


Fig. 14 Tipuri de condensatoare: *a* — fixe; *b* — semivariabile; *c* — electrolitici; *d* — variabile.

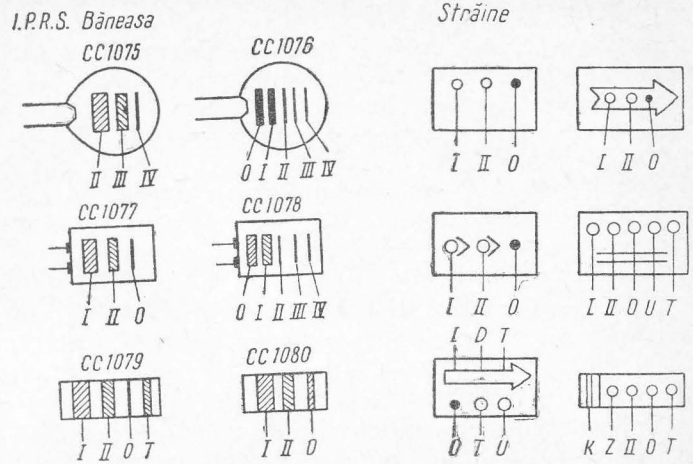


Fig. 15 Marcare cu culori a condensatoarelor.

valoarea capacității, se indică și tensiunea de lucru a condensatorului (de exemplu: 10 μF — 450 V).

Întocmai ca la rezistențe, marcarea valorilor condensatoarelor se face prin cifre și prin culori. Ultimul sistem de marcare, prin inele colorate, are avantajul că indicațiile pot fi citite din orice unghi, fără a mai demonta condensatorul. La condensatoarele tip „caramelă" cu mică, marcarea se face prin puncte colorate. Sensul de citire este de la coadă spre vîrful săgeții imprimate în corpul piesei sau prin litere.

Culorile în punctele I, II și III arată capacitatea condensatorului în picofarazi. De exemplu, punctul I verde, punctul II negru și punctul III maro vor indica un condensator de 501 pF, conform figurii 15 și tabelei II.

Condensatoarele de tip antiinductiv sau ecranate sînt marcate cu un cerc negru la capătul care trebuie să fie legat la masă.

Desigur că mai există și alte sisteme de notație, proprii diferitelor fabrici. Codul descris mai sus poate fi ușor memorat, ținînd seama de faptul că 6 din cele

TABELA II

CODUL CULORILOR PENTRU CONDENSATOARE

Culoarea	Inelul I (prima cifră)	Inelul II (a doua cifră)	Inelul III (nr. de zero-uri)	Cap colorat Tensiunea de lucru în V	Toleranța %
Negru	0	0	0	630	20%
Cafeniu (maro)	1	1	1	100	
Roșu	2	2	2	160	
Portocaliu (oranj)	3	3	3	300	
Galben	4	4	4	63	
Verde	5	5	—	250	5%
Albastru	6	6	—	25	
Violet	7	7	—	700	
Cenușiu (gri)	8	8	0,01	800	
Alb	9	9	0,1	900	10%
Auriu	—	—	—	1 000	
Argintiu	—	—	—	2 000	

10 culori sînt identice și au aceeași ordine cu culorile curcubeului (rogvav = roșu portocaliu, (orange), galben, verde, albastru, violet), iar prima culoare e negru și ultima argintiu.

Verificarea rapidă a unui condensator fix avînd capacitatea între 100 și 2 000 pF se face intercalîndu-l între antenă și borna de antenă a radioreceptorului. Dacă recepția este normală, înseamnă că acel condensator nu are contactele cu armăturile întrerupte.

Altă metodă folosește o sursă de curent continuu, un tub cu neon, o rezistență și condensatorul înseriat.

Un condensator fix peste 2 000 pF se încearcă aplicîndu-i o tensiune continuă de la un redresor, la electrozii lui. Dacă la scurtcircuitarea electrozilor se

produce o scînteie, înseamnă că nu este defect. Cu cît scînteia este mai mare, cu atît și capacitatea condensatorului e mai mare. În caz de străpungere, condensatorul nu se încarcă cu energie electrică.

Condensatorul electrolitic este unul din elementele principale folosite în construcția aparatelor electronice și cere o atenție deosebită în exploatare. Chiar și în cazul unui bun condensator electrolitic, la aplicarea unei tensiuni continue pe electrozii săi, se va observa trecerea unui curent permanent „de fugă", de ordinul microamperilor. Acest curent „de fugă" nu trebuie să depășească produsul: 0,0000005 A × tensiunea aplicată (în volți) × capacitatea condensatorului (în microfarazi), exprimat în miliamperi.

Pentru măsurarea curentului de fugă al condensatorului, se conectează în serie cu sursa de curent continuu un miliampermetru și o rezistență de protecție în valoare de circa 10 ori mai mare decît valoarea tensiunii aplicate (de ex.: la o tensiune de 400 volți, valoarea rezistenței trebuie să fie de circa 4 000 de ohmi. Se admite un curent de fugă de 0,5 μA la 1 V și 1 μF. Pentru un condensator de 16 μF, măsurat la o tensiune de 450 V, valoarea curentului de fugă admis va fi deci: $16 \times 450 \times 0{,}000\,0005$ A = 3,6 mA. O creștere a curentului de fugă peste limită duce la încălzirea și deteriorarea condensatorului.

Unghiul de pierdere este o altă importantă caracteristică a condensatorului electrolitic, ce depinde de pierderile în electrolit, pierderi care reduc capacitatea de filtrare.

De aceea, primul condensator de filtraj dintr-un montaj de redresare trebuie să aibă un unghi de pierdere cît mai mic.

O încercare simplă a condensatorului electrolitic se face, în lipsa unei punți, încărcînd și descărcînd condensatorul de mai multe ori. Condensatoarele cu pierderi mici mențin încărcarea un timp mai îndelungat, aceasta fiind un indice calitativ.

Se știe că un condensator electrolitic este format din două foi de aluminiu, separate între ele printr-un

strat de hîrtie, tifon ori pluș special, impregnat cu electrolit. Foaia metalică pozitivă este acoperită cu un strat subțire de izolant (dielectric) din oxid de aluminiu, iar electrodul negativ este alcătuit din foiță de aluminiu neoxidată. Astăzi, condensatoarele electrolitice se găsesc sub două forme: cu lichid și semiumede („uscate").

Prin regenerarea condensatoarelor se înțelege operația de restabilire a calităților lor electrice, pierdute prin rămînerea fără capacitate sau „clacare" (străpungerea dielectricului). Această operație este indicată mai mult la condensatoarele cu lichid și constă în schimbarea electrolitului și formarea lui, aplicîndu-i tensiuni continue din 10 în 10 V, pînă la valoarea tensiunii de lucru a condensatorului. Procedeul durează 50—100 de ore și necesită o instalație specială.

Regenerarea condensatoarelor electrice semiumede încorporate în cartușe de aluminiu și rămase fără capacitate sau clacate este o operație mai delicată și cere multă îndemînare, iar reușita nu este întotdeauna asigurată, așa că nu mai insistăm asupra ei.

Condensatoarele ajustabile ca și cele variabile se pot verifica cu ohmmetrul sau într-un montaj cu bec cu neon. Capacitatea maximă și minimă a condensatoarelor se măsoară cu ajutorul unei punți de măsurat capacități. La condensatoarele ajustabile bobinate interesează numai capacitatea pentru care au fost reglate.

c. *Bobine*

Bobinele sînt piese de care depinde în mare măsură buna funcționare a unui montaj radio; ele pot fi construite cu ușurință de amatori. Gabaritul lor s-a micșorat treptat, odată cu evoluția radiotehnicii; azi sînt în uz bobinele cilindrice fără miez, cu inductanță fixă și variabilă pentru radiofrecvență, bobinele cu miez feromagnetic pentru radiofrecvență și frecvență intermediară, bobinele toroidale și bobinele cu miez de fier pentru audiofrecvență sau transformatoare (*fig. 16, a, b, c, d, e, f*).

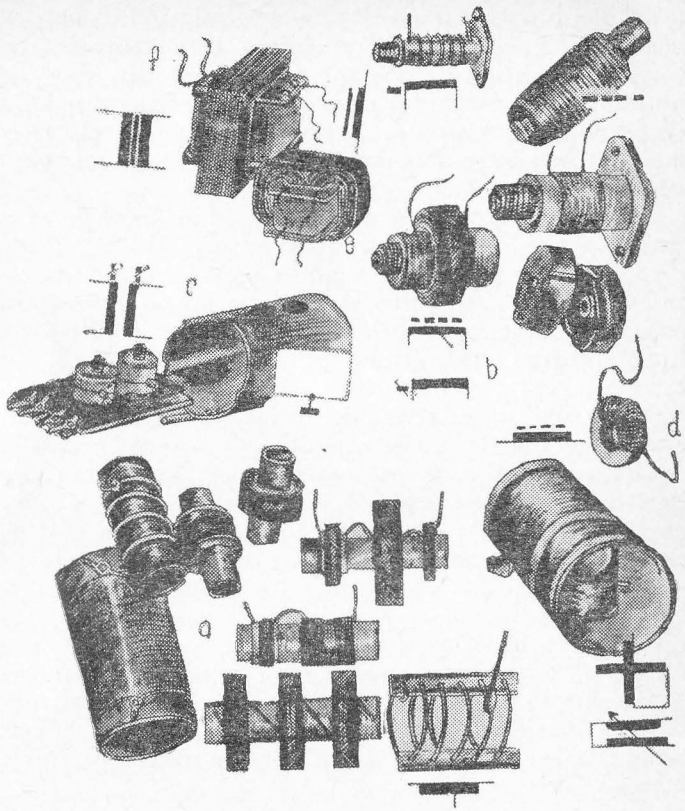
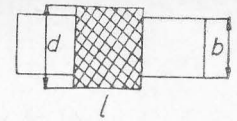


Fig. 16 Tipuri de bobine; *a* — fără miez; *b* — cu miez feromagnetic; *c* — transformatoare de frecvență intermediară; *d* — toroidale; *e*, *f* — cu miez de fier.

Parametrii principali ai bobinelor sînt exprimați de obicei prin inductanță, factor de calitate, capacitate proprie și coeficientul de variație termică al inductanței bobinei.

Inductanța este o mărime care depinde de dimensiunile, forma și numărul de spire ale bobinei, cît și de prezența sau absența unui miez, în interiorul ei, sau de ecranarea ei.

Fig. 17 Bobine: *a*—pentru unde lungi cu bobinaj fagure; *b* — cu un strat pentru unde medii.



Calculul inductanței bobinelor pentru unde lungi, cu mai multe straturi, se face după formula:

$$L \approx \frac{N^2D^2}{36(D + 31 + 3{,}3\,b)}, \text{ pentru } l = b,\ D > l$$

$$\text{și } L \approx \frac{N^2D^2}{40(D + 2{,}8\,b)}, \text{ pentru } D \gg l,$$

Semnificația mărimilor D, b, l, este dată în fig. 17, iar N este numărul de spire. Inductanța L se obține în μH, dacă D, b și l se dau în centimetri.

Numărul de spire ale bobinei cu mai multe straturi, pentru condiția $l \approx b$ și $D = 3\,l$ se poate afla cu ajutorul formulei:

$$N = 6\sqrt{\frac{L}{l}}$$

Bobinele pentru gama de unde scurte se execută fie cu un singur strat, fie cu mai multe straturi. În cazul construcției cu un singur strat, valoarea inductanței este:

$$L = \frac{N^2D^2}{50(D + 2l)} \text{ pentru } l \leqslant D$$

$$\text{și } L = \frac{N^2D^2}{100\,l} \text{ pentru } l \geqslant D$$

Semnificația mărimilor D, l este dată în fig. 17 *a*, *b*, iar N este numărul de spire. Inductanța L rezultă în μH, dacă D și l sînt dați în centimetri. Numărul de spire ale bobinei cu un singur strat poate fi determinat cu relațiile:

$$N \simeq 12 \sqrt{\frac{L}{D}}, \text{ pentru cazul } l = D \text{ și}$$

$$N \simeq 14{,}5 \sqrt{\frac{l}{D}}, \text{ pentru } l = 2D$$

în care L este inductanța în microhenry;

D — diametrul bobinei în centimetri.

Bobinele pentru transformatoarele de frecvență intermediară (medie frecvență) ($f = 465$ kHz) se realizează la fel ca și cele pentru gamele de unde lungi sau de unde medii.

Bobinele pentru gama de unde scurte se execută cu un singur strat pe carcase de porțelan, polistiren sau pertinax, cu diametrul de 15 ...20 mm, și sîrmă de cupru, cu diametrul 0,6 ... 1,5 mm, izolată cu email.

Factorul de calitate exprimă calitatea circuitelor oscilante în curent alternativ. El depinde în special de calitatea construcției bobinei și are, la bobinele fără miez, o valoare cuprinsă între 40 și 60. Se notează cu litera Q, și rezultă din formula:

$$QL = \frac{L\omega}{R} = \frac{2\pi fL}{R}$$

Utilizarea liției de radiofrecvență mărește factorul de calitate, în gama 300 kHz ... 3 MHz. Introducerea în bobină a unui miez de ferocart sau ferită îi mărește de asemenea acesteia valoarea factorului de calitate pînă la 220.

Capacitatea proprie a bobinei depinde în mare măsură de dimensiunile ei și de tipul înfășurării. Capacitatea proprie a bobinei, care poate fi considerată ca un condensator legat în paralel, reduce factorul ei de calitate. O bobinare dezordonată (nu spiră lîngă spiră) poate produce o capacitate parazită de 1—30 pF.

Coeficientul termic al inductanței, adică variația dimensiunilor bobinei funcție de variația temperaturii

mediului ambiant, duce de asemenea la o variație a inductanței.

Bobina de șoc, care face parte din celulele redresoare, ca filtru de netezire, are rolul să micșoreze pulsațiile curentului redresat. Ea se compune dintr-un miez de fier din tole de transformator, cu întrefier de 0,2 ... 1 mm și o înfășurare din conductor de cupru, izolat cu email.

d. *Transformatoare*

Transformatorul de rețea este piesa principală din celula redresoare a oricărui aparat de curent alternativ. El servește pentru transformarea tensiunii rețelei electrice (de obicei de 110, 127 sau 220 V) într-o tensiune mai mare, necesară pentru alimentarea (după redresare) a circuitelor anodice ale tuburilor din receptoare și amplificatoare sau într-o tensiune mai mică, necesară pentru alimentarea directă a circuitelor de filament.

Transformatorul este constituit dintr-un miez compus din tole, în formă de E sau L, de oțel electrotehnic (*fig. 18*), întrețesute între ele, adică așezate alternat, precum și dintr-un bobinaj din sîrmă de cupru, izolată cu email sau bumbac.

În exemplul numeric ce urmează, se poate vedea modul de calcul simplificat al unui transformator,

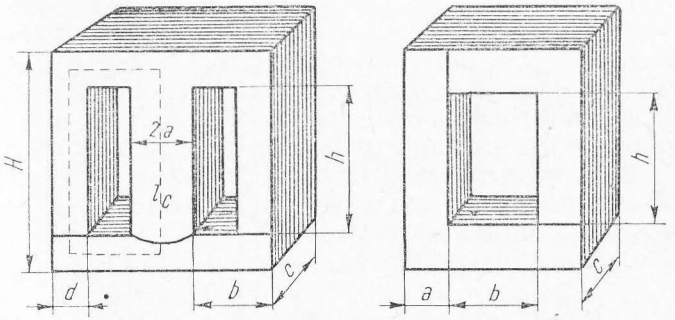


Fig. 18 Miezuri din tole de fier pentru transformatoare de rețea: *a* — cu tole în formă de E; *b* — cu tole în formă de L.

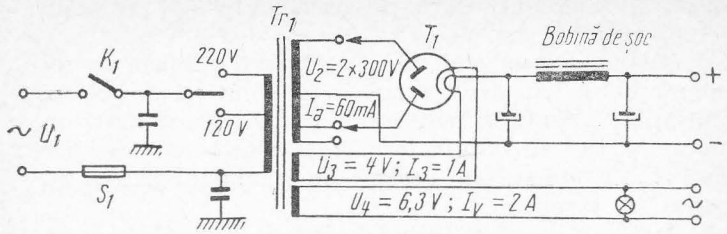


Fig. 19 Schemă de redresor alimentar.

utilizînd o nomogramă care cuprinde toate datele necesare.

Se dau: tensiunea rețelei $U_1 = 220$ V, tensiunea anodică $U_2 = 2 \times 300$ V, curentul anodic $I_2 = 60$ mA, tensiunea de încălzire a tubului redresor $U_3 = 4$ V, curentul de încălzire $I_3 = 1$ A, tensiunea de încălzire a tuburilor $U_4 = 6{,}3$ V, curentul de încălzire $I_4 = 2$ A. Se cere să se calculeze datele transformatorului (*fig. 19*).

Puterea nominală a transformatorului este:

$$P_0 = 1{,}2(I_2U_2 + I_3U_3 + I_4U_4) = 1{,}2$$

$$\left(\frac{60.300}{1\,000} + 1 \times 4 + 2 \times 6{,}3\right) = 41{,}5 \text{ W}.$$

Acestei puteri îi corespunde, după nomogramă (*fig. 20*), o secțiune $S = 8$ cm². Considerînd inducția magnetică $B = 10\,000$ Gs (de obicei la transformatoarele de rețea $B = 8\,000 \div 14\,000$ Gs) și unind cele două puncte determinate pe scările B și S din nomogramă, se găsește numărul de spire pe volt, $N/U = 5{,}7$.

Numărul de spire al înfășurării primare este deci: $N_1 = 220 \times 5{,}7 = 1\,254$ spire (cu o toleranță de $+ + 5\%$, se obțin 1 191 spire).

Curentul din primar are valoarea:

$$I_1 = \frac{P_0}{U_1} = \frac{41{,}5}{220} = 0{,}19 \text{ A}.$$

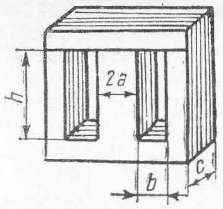
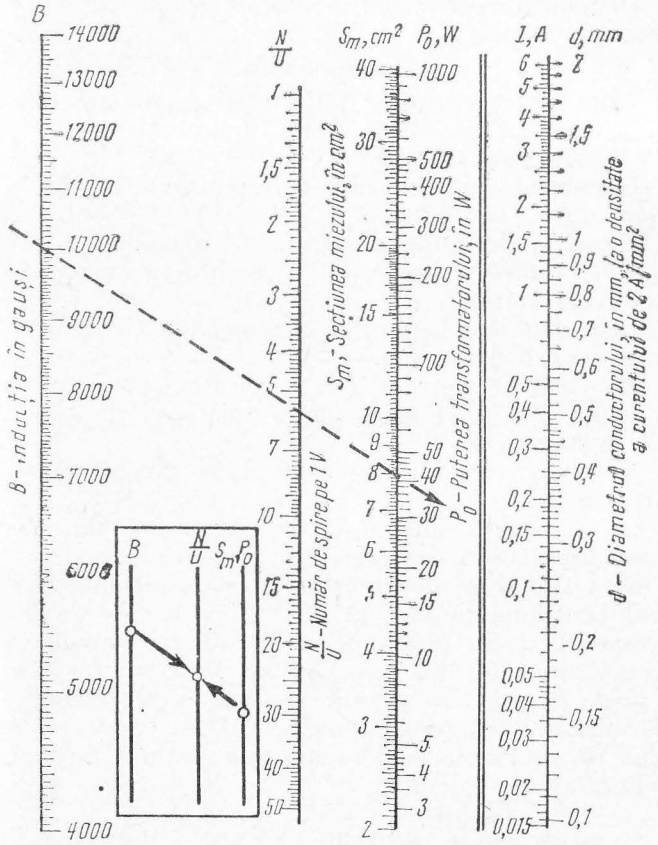


Fig. 20 Nomogramă pentru calculul transformatoarelor de rețea de mică putere.



b

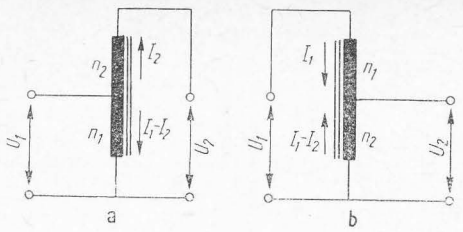


Fig. 21 Scheme de autotransformatoare: *a* — ridicător de tensiune; *b* — coborîtor de tensiune.

Diametrul conductorului corespunzător curentului (scara *d*) rezultă:

$$d_1 = 0{,}35 \text{ mm}.$$

Numărul de spire al înfășurării secundare este: $N_2 = 300 \times 5{,}7 = 1\,710$ spire (cu o toleranță de + 5% se obțin 1 796 spire).

Diametrul conductorului corespunzător curentului I_2 rezultă: $d_2 = 0{,}2$ mm.

Numărul de spire al înfășurării secundare 3 este $N_3 = 4 \times 5{,}7 = 23$ spire (cu o toleranță de + 5%, rezultă 24 spire).

Diametrul conductorului corespunzător curentului I_3 rezultă $d_3 = 0{,}8$ mm.

Numărul de spire al înfășurării secundare 4 este: $N_4 = 6{,}3 \times 5{,}7 = 36$ spire (cu o toleranță de + 5% rezultă 38 spire).

Autotransformatorul are rolul de a ridica sau coborî tensiunea rețelei.

El se execută dintr-o singură înfășurare, din care se iau prizele necesare (*fig. 21*).

Spre deosebire de transformator, autotransformatorul transmite la sarcină doar o parte din puterea necesară acesteia (cealaltă parte este consumată de sarcină direct de la rețea). Autotransformatorul este, în unele cazuri, mai avantajos decît transformatorul obișnuit, deoarece el, necesitînd un consum mai redus de materiale, ocupă mai puțin spațiu în aparate.

Formule de calcul:

$$I_1 = \frac{1\,000\,P}{U_1} \text{(mA)}; \; I_2 = \frac{1\,000\,P}{U_2} \text{(mA)}.$$

Pentru un autotransformator ridicător de tensiune, puterea nominală este:

$$P_0 = \frac{I_2(U_2 - U_1)}{1\,000} \text{(VA)}$$

Pentru un autotransformator coborîtor de tensiune, puterea nominală este:

$$P_0 = \frac{I_1(U_1 - U_2)}{1\,000} \text{(VA)}.$$

Exemplu de calcul.

Se dau: $U_1 = 127$ V; $U_2 = 200$ V; $P = 200$ VA.

Să se calculeze datele unui autotransformator ridicător de tensiune.

Se determină:

$$I_1 = \frac{1\,000\,P}{U_1} = \frac{1\,000 \cdot 200}{127} = 1\,575 \text{ mA};$$

$$I_2 = \frac{1\,000\,P}{U_2} = \frac{1\,000 \cdot 200}{220} = 909 \text{ mA};$$

Puterea nominală a autotransformatorului (P_0):

$$P_0 = \frac{I_2(U_2 - U_1)}{1\,000} = \frac{909(220 - 127)}{1\,000} = 85 \text{ VA}.$$

Pentru conductoare de tip Cu + Em rezultă secțiunea miezului:

$$S_{cm^2} = 1{,}6\,P = 1{,}6 \cdot 0{,}85 = 1{,}36 \text{ cm}^2.$$

Se aleg tole tip E, cu aria ferestrei miezului bh în cm²

$$S_{cm^2} = bh = 1{,}9 \cdot 5{,}3.$$

În acest caz:

$$P_0 = \frac{136}{1{,}9 \cdot 5{,}3} = 13{,}5 \text{ cm}^2; \; c = \frac{13{,}5}{3} = 4{,}5 \text{ cm}$$

În continuare, se calculează :
Numărul de spire din prima secțiune a înfășurării :

$$n_1 = \frac{48 \times U_1}{S} = \frac{48 \times 127}{13{,}5} = 425 \text{ spire}$$

Numărul de spire din a doua secțiune a înfășurării :

$$n_2 = \frac{54(U_2 - U_1)}{S} = \frac{54(220 - 127)}{13{,}5} = 372 \text{ spire}$$

Diametrul sîrmei din prima secțiune :

$$d_1 = 0{,}02 \sqrt{I_1 - I_2} = 0{,}02 \sqrt{1575 - 909} = 0{,}52 \text{ mm.}$$

Diametrul sîrmei din a doua secțiune

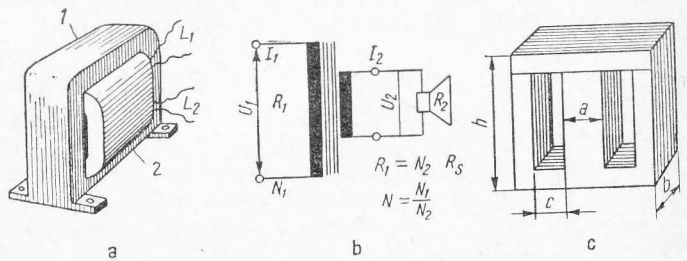
$$d_2 = 0{,}02 \sqrt{I_2} = 0{,}02 \sqrt{909} = 0{,}6 \text{ mm.}$$

Pentru un autotransformator coborîtor de tensiune :

$$n_1 = \frac{48(U_1 - U_2)}{S}; \quad n_2 = \frac{54\,U_2}{S}$$

$$d_1 = 0{,}02 \sqrt{I_1}; \quad d_2 = 0{,}02 \sqrt{I_2 - I_1}.$$

Transformatorul de ieșire cuplează sarcina de mică impedanță (difuzoare) la circuitul anodic al tubului final, realizînd o adaptare a acestei impedanțe, în așa fel încît amplificatorul să lucreze pe sarcina optimă, rezultată din calculul regimului de funcționare a etajului (*fig. 22 a, b*).



a b c

Fig. 22 Transformator de ieșire : *a* — bobinat ; *b* — schema transformatorului de ieșire ; *c* — miez de transformator.

Pentru amplificare, redăm datele unui transformator folosit în radioreceptoare :

La adaptarea unui difuzor care are o impedanță de 10 Ω, la tubul 6 π 6, cu rezistența de sarcină optimă de lucru de 7 400 Ω, este necesar ca primarul să conțină 4 950 spire, iar secundarul 185 spire. Se poate folosi conductor de cupru emailat, cu diametrul 0,15 mm, respectiv 0,8 mm. Miezul transformatorului va avea o secțiune de 7 cm² și va fi format din tole de ferosiliciu (*fig. 22, c*).

Puterea debitată difuzorului trebuie să fie de 2,5 W.

Dispozitive pentru captarea și redarea sunetului

— *Microfonul* este primul dispozitiv din lanțul emisie-recepție radio. El are rolul de a transforma energia creată de sursele de sunet în variații ale intensității curentului electric.

Cele mai uzuale microfoane sînt : cu cărbune, cu bandă, cu cristal, condensator și electromagnetice.

Microfonul cu cărbune se alimentează de la o sursă de curent continuu printr-un transformator, care poate fi improvizat dintr-unul de rețea, legînd microfonul în secundarul înfășurării.

Atît microfonul cu cărbune, cît și cel condensator au nevoie de alimentare de la o sursă de curent continuu, și de aceea nu prea sînt de preferat.

Microfoanele cu cristal nu necesită alimentare și se conectează în circuitul de intrare al etajului amplificator.

Căștile telefonice pot fi folosite atît ca microfon, cît și ca element de redare a sunetului. Ele sînt constituite din două receptoare telefonice, unite între ele printr-o bandă elastică de oțel.

Rezistența ohmică a bobinelor căștii — sau mai ales impedanța lor — are o anumită importanță. O cască avînd o rezistență totală de 4 000 Ω este la

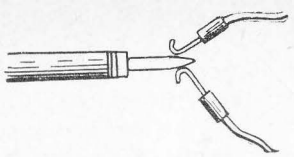


Fig. 23 Încercarea sensibilității unei căști telefonice.

fel de bună la aparatele cu tranzistoare, cît și la cele cu tuburi electronice.

Sensibilitatea unei căști se încearcă atingînd, ca în *fig. 23*, cele două capete ale cordonului căștii de penița umezită ușor de cerneală a unui stilou. În cazul cînd casca este sensibilă la atingere, va da naștere unor pocnituri în cască ; dacă nu este sensibilă, nu se va auzi nimic.

Pentru a monta o cască în circuitul tubului final, există mai multe posibilități. Dintre toate acestea, procedeul prezentat în *fig. 24, a* este contraindicat, deoarece trecerea curentului continuu poate demagnetiza casca sau poate duce la electrocutarea ascultătorului. Mai bine, se va înseria casca cu un condensator, prin care să treacă numai curentul de audiofrecvență. Și aici însă, în cazul străpungerii condensatorului, există pericol de electrocutare (*fig. 24, b*).

Metoda cea mai indicată constă în conectarea căștii prin intermediul unui transformator (*fig. 24, c*). În felul acesta, nu numai că se separă curentul continuu de cască, dar se și transmite integral semnalul de audiofrecvență și se poate regla intensitatea sonoră.

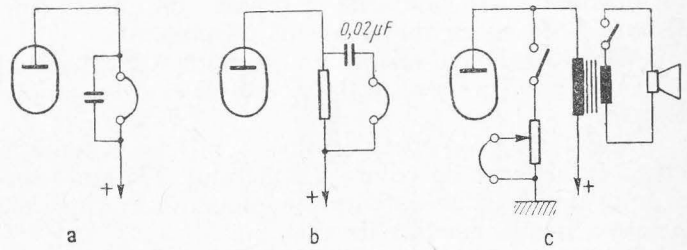


Fig. 24 Conectarea unei căști telefonice : *a* — direct în circuitul anodic ; *b* — prin intermediul unei rezistențe ; *c* — prin transformator.

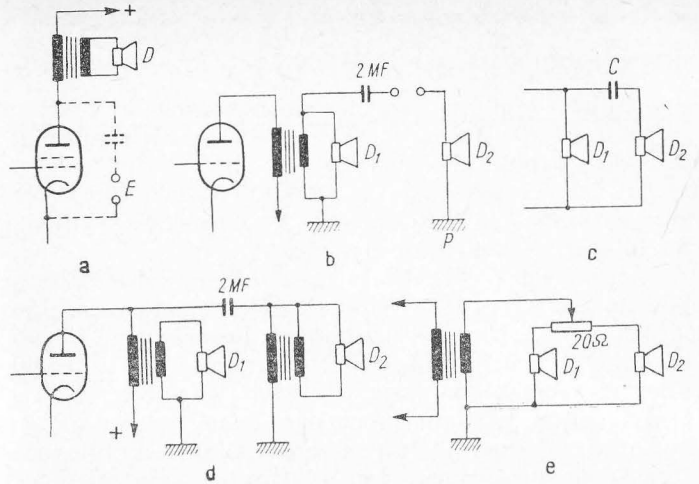


Fig. 25 Scheme de conectare a difuzoarelor : *a* — permanent dinamic ; *b* — difuzor suplimentar fără transformator ; *c* — difuzor suplimentar prin filtru ; *d* — difuzor suplimentar cu transformator ; *e* — montaj pentru schimbarea intensității sunetului a două difuzoare suplimentare.

Căștile cu rezistență de ordinul miilor de ohmi se pot conecta la bornele pentru difuzor suplimentar ale unui receptor.

— *Difuzoarele* transformă în sunete energia de audiofrecvență, obținută la ieșirea unui etaj amplificator. Tipurile de difuzoare uzuale sînt : electromagnetice, permanent - dinamice, electrodinamice, piezoelectrice și electrostatice.

În practică, se pune de multe ori problema conectării difuzoarelor la etajul final al unui receptor sau amplificator. Pentru aceasta, redăm în *fig. 25* cîteva cazuri :

a — conectarea difuzorului permanent - dinamic (D) și a celui electromagnetic ; *b* — conectarea unui difuzor suplimentar, fără transformator (trebuie ținut cont de impedanța difuzorului D_2, care, în caz că este mai mică decît a lui D_1, va prelua o putere mai mare) ; *c* — difuzor suplimentar (D_2), cu filtru format

dintr-un condensator c, a cărui valoare se calculează după formula $C_{pF} = 159\,000 \frac{1}{f_0 R_0}$, ($f_0 = 800$ Hz) ; d — difuzor suplimentar, cu transformator ; e — conectarea a două difuzoare, cu schimbarea raportului intensității sunetului între ele.

În cele ce urmează, se prezintă cîteva din defectele ce apar mai des, cauzele lor, precum și modul de înlăturare a acestor defecte.

Astfel, apar vibrații la frecvențele joase. Ele se pot datora vibrației firelor flexibile leonice, care fac legătura între bobina mobilă și bornele fixe de alimentare a difuzorului, sau lipirii incorecte a marginilor membranei de șasiu; „gîjîitul" se datorește existenței unor particule metalice între bobina mobilă și flanșa superioară ; întreruperea bobinei mobile ; deteriorarea membranei. La înlăturarea oricărei defecțiuni, trebuie acordată multă atenție, în special la centrarea bobinei mobile, fiindcă de acest fapt depind foarte mult randamentul și deformarea semnalului de către difuzor.

Există un mijloc simplu de a constata descentrarea : dacă apăsînd ușor cu mîna pe marginea exterioară a membranei nu se aude nici un zgomot, înseamnă că bobina este bine centrată. În caz contrar, se aude cum se freacă bobina în întrefier. Înlăturarea defectului se face prin deșurubarea șurubului șpinderului și folosirea unor lamele de centrare, introduse în întrefier, așezate la 120° una față de cealaltă, după care se strînge din nou șurubul șpinderului și se scot fîșiile de celuloid.

Întreruperea bobinei mobile a difuzorului se poate produce în cazul în care acesta primește o putere electrică superioară celei nominale.

Refacerea bobinei mobile, cînd nu avem alta de schimb, trebuie executată respectînd numărul de spire inițial și diametrul sîrmei.

Defectul provocat de deteriorarea membranei se înlătură prin lipirea cu lac de celuloid și eventual, completîndu-se cu o foiță adecvată pe porțiunea ruptă.

V. TUBURI ELECTRONICE

Tubul electronic — această descoperire epocală a minții omenești, atît de complexă ca utilizare are aplicații în toate domeniile de activitate — este opera la care au lucrat foarte mulți specialiști.

La început, prin 1904, cînd savantul englez Fleming a perfecționat lampa cu doi electrozi, folosind efectul Edison, noii invenții i s-a dat denumirea de „lampă" fiindcă prezenta o oarecare asemănare cu lampa electrică de iluminat. Unii i-au spus „valvă" (supapă) referindu-se la lămpile redresoare. Numele de „tub" s-a impus în ultimul timp, și așa denumim și noi acest dispozitiv electronic, care are funcții multiple în radioelectronica actuală.

Becul electric este cel mai simplu element electric cu vid, care are în interior un filament. Acest filament, cînd este adus la incandescență, în jurul lui roiesc o puzderie de electroni, ce nu pot fi văzuți nici cu ochiul liber nici cu cel mai perfect microscop. De unde apar acești electroni ?

Am văzut mai înainte că electronii, micile particele de electricitate negativă, au calitatea de a se deplasa în metale sub acțiunea unei tensiuni electromotoare, dînd naștere unui curent electric. Electronii nu pot să părăsească însă atomii din care fac parte decît în anumite condiții : prin șocuri, prin acțiunea luminii (fotoelectroni), prin încălzirea unui corp (termoelectroni), prin bombardarea unui corp cu alte particule elementare (electroni secundari) și prin acțiunea unui cîmp electric puternic la suprafața corpului (cînd apar autoelectroni).

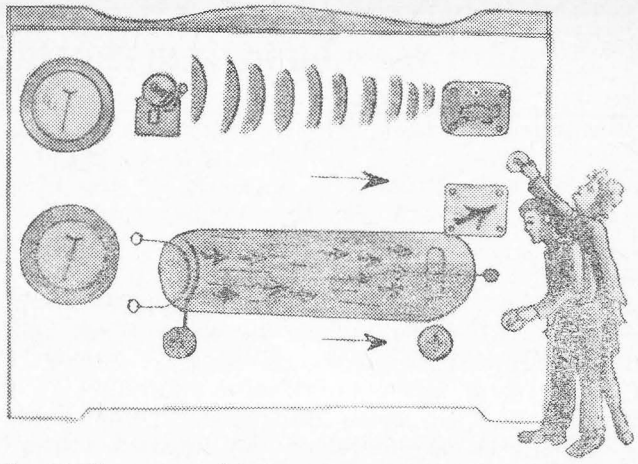


Fig. 26 Viteza sunetului și a electronilor în vid.

În cazul tubului electronic, încălzind filamentul la o anumită temperatură, electronii capătă o anumită energie, încît ei pot ieși la suprafață și circula prin vidul tubului.

În mod obișnuit, din punct de vedere practic, prin vid se înțelege un spațiu în care există foarte puțini atomi. În tubul electronic, extrăgîndu-se aerul, rezultă un vid înaintat, cu o presiune de numai 0,000001 torr.

Vidul din tubul electronic permite însă electronilor să se miște ușor. Odată emiși de filament, electronilor le trebuie anumite cauze care să-i pună rapid în mișcare. Și acestea nu sînt altele decît cîmpurile magnetice și electrice care se creează în tuburile electronice. Sub acțiunea lor, electronii se mișcă fie în linie dreaptă, fie după o traiectorie curbată, fie în cerc sau spirală. Întîlnirea unui electron cu o moleculă de gaz, care l-ar devia de la traiectoria lui, este o întîmplare neplăcută pentru el. De aceea, în tub trebuie să fie vid înaintat, astfel ca posibilitatea ciocnirii unui electron cu o moleculă de gaz să devină minimă (*fig. 26*).

Dacă viteza sunetului în aer este de aproape 1 200 km/h, viteza electronilor în vid este de peste 10 000 km/s. Este, deci, o mare diferență de viteze.

Deplasarea în vid a electronilor constituie o altă formă de conducție electrică, spre deosebire de aceea care se întîlnește în interioarele conductoarelor electrice obișnuite. Știm că, înainte de a se fi descoperit natura curentului electric, se presupunea că acest curent ar circula de la polul pozitiv la cel negativ. Acest sens convențional a rămas pînă astăzi, deși cel real, în mișcare, al electronilor este de la polul negativ la cel pozitiv.

Pentru aceste motive trebuie respectat, și în cazul unei diode, sensul curentului anodic, care este invers sensului de mișcare al electronilor (*fig. 27*).

Dioda este un dispozitiv cu conductanță unilaterală. Ea se aseamănă unei supape care lasă curentul să treacă numai într-un singur sens.

Anodul, fiind conectat la polul pozitiv al unei baterii anodice, se încarcă cu electricitate pozitivă și atrage electronii emiși de filament sau de catodul încălzit direct, respectiv indirect. Electronii sînt, deci, cei care transportă electricitatea prin vid cu o viteză

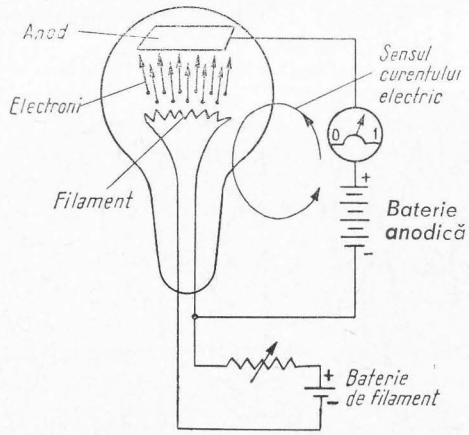


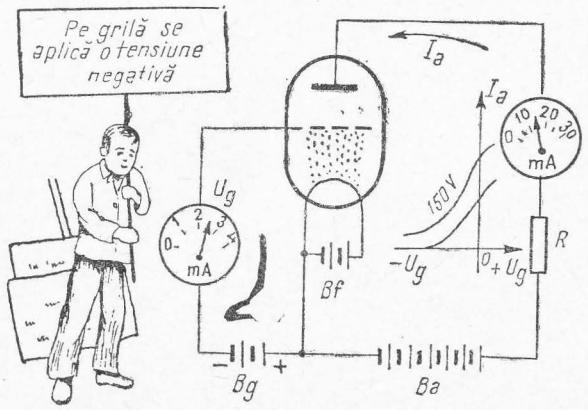
Fig. 27 Tubul cu doi electrozi.

destul de mare, de 10 ...20 km/s, funcție de tensiunea aplicată anodului. Cu cît se mărește tensiunea aplicată anodului, cu atît crește numărul electronilor atrași de el. Intensitatea curentului însă atinge o limită, zisă de „saturație". Dacă am inversa polaritatea bateriei anodice, aplicînd minusul pe anod, electronii nu vor mai fi atrași, ci, din contră, respinși și curentul ar înceta.

După doi ani de experiențe cu dioda căreia i se găsise întrebuințări la redresarea curentului alternativ, savantul Fleming a plasat între filament și placă un nou electrod, în formă de grilă, sau de sită, pe care l-a numit chiar „grilă". Noul dispozitiv a fost denumit „lampă cu trei electrozi" sau „triodă" (*fig. 28*).

Rolul acestui nou electrod — numit „de control" sau „de comandă" — este de a modifica debitul fluxului de electroni dintre filament și anod, adică de a face să varieze intensitatea curentului de pe anod

Cînd pe grilă nu este aplicată nici o tensiune, ea fiind deci neutră din punct de vedere electric, cea mai mare parte dintre electroni vor trece liberi prin găurile grilei, fiindcă raportul dintre dimensiunile electronilor și mărimea acestor găuri se aseamănă cu



58 Fig. 28 Schema unui amplificator cu triodă.

raportul dintre dimensiunile unui om și distanța dintre corpurile cerești.

Dar dacă între sita grilei și filament am intercala o baterie (*Bg*), grila se va încărca potrivit cu sensul în care s-a așezat bateria, fie pozitiv, fie negativ. Dacă grila este încărcată pozitiv, ea atrage electronii și îi lasă să treacă în mare număr spre anod. Acțiunea grilei de comandă constă în aceea că ea comandă fluxul de electroni din interiorul tubului, adică curentul anodic. Ea are, de fapt, mai multe roluri.

Introducerea în diodă a acestei grile i-a dat tubului electronic multiple posibilități. Ea atrage sau respinge electronii, cu un consum minim de energie, practic nul, și produce foarte ușor variații de curent (filament-anod) de sute și chiar de mii de ori mai mari decît ale semnalului aplicat. Fenomenul este posibil tocmai datorită modificării cîmpului electric din interiorul tubului, cu liniile sale de forță dintre filament și placă.

Grație acestor proprietăți, trioda a căpătat cea mai largă răspîndire : amplificare (de înaltă sau joasă frecvență), detecție (redresare și oscilație) etc.

Toate aceste proprietăți ale tubului electronic cu trei electrozi au produs în tehnica radio o adevărată revoluție.

Dar tehnica progresînd vertiginos a fost rapidă și evoluția tubului electronic.

Electrozi noi au început să fie așezați în interiorul tubului, dînd naștere la o serie de tuburi cu mai mulți electrozi : tetrodă, pentodă, hexodă, heptodă, octodă și alte tuburi, combinate : diodă-triodă, triodă-pentodă etc.

În electronică, se folosesc azi tuburi cu 2—9 electrozi. Diversitatea și mulțimea tuburilor electronice a impus o clasificare a lor, ținînd cont de anumite caracteristici și scopuri pentru care au fost construite: mod de încălzire, balon, număr de electrozi etc. De asemenea, sistemele lor de notație sînt foarte diferite, după țara de fabricație (*fig. 29*).

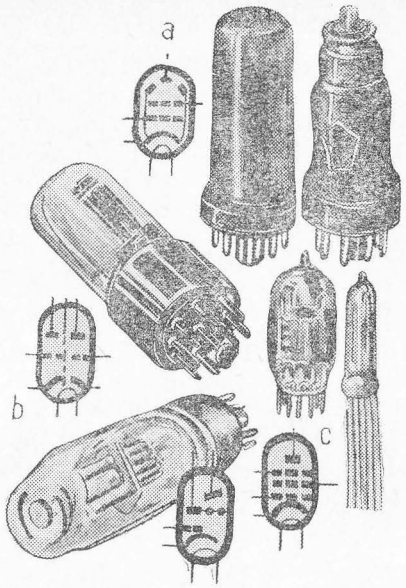


Fig. 29 Tuburi radio : *a* — pentoda ; *b* — dublă triodă ; *c* — tuburi miniatură.

— Notația tuburilor sovietice utilizează două sisteme : unul vechi, compus din două litere și un număr, și sistemul mai nou, cu patru elemente.

La sistemul vechi, prima literă arată funcțiunea tubului, astfel : П — tub de recepție ; *Г* — oscilator sau amplificator de putere în radiofrecvență; *Ж*— oscilator de mică putere ; *М* — modulator ; *В*— redresor ; *Y* — amplificator.

Litera a doua indică tipul catodului utilizat : *Т* — catod toriat ; *О* — catod cu oxizi ; *К* — catod cu carburi ; *Б* — catod cu bariu.

Numărul care urmează indică etapa de fabricație. De exemplu — Bo-188 — redresor cu catod de oxizi.

— Notație sovietică nouă : primul element arată la tuburile de recepție tensiunea de încălzire sau alteori are următoarele semnificații : *ГД* — oscilator pentru unde lungi ; *Гу* — oscilator pentru unde ultrascurte ; *ГМ* — tub modulator ; *СГ* — stabilizator de

tensiune cu gaz ; *ТГ* — tiratron cu gaz. De exemplu, *ГУ* 50 înseamnă pentodă pentru unde ultrascurte.

La tuburile de recepție, după prima cifră urmează o literă cu următoarea semnificație : *А* — diodă ; *Х* — dublă diodă ; *С* — triodă ; *Н* — dublă triodă ; *Э* — tetrodă ; П — tetrodă cu fascicul ; *Ж* — pentodă cu pantă fixă ; *А* — schimbător de frecvență ; *Г* — diodă triodă ; Ф — triodă pentodă.

Cel de al treilea element este o cifră și indică etapa de fabricație.

Cel de al patrulea element arată diverse caracteristici de construcție : *С* — tub de sticlă normal ; *М* — tub de metal ; *Ж* — tub ghindă ; *Б* — tub de 10 mm ; *Р* — tub cu diametrul de 4 mm ; П — tub miniatură. De exemplu 6*Ж*3 П este o pentodă tip miniatură de 6 V încălzire.

— Notația tuburilor de fabricație americană este formată dintr-o cifră care indică tensiunea de încălzire a filamentului, o literă arătînd felul tubului și încă o cifră. De obicei, aici, codul fabricațiilor diferă. Litera de la mijloc are următoarele semnificații : *А* — tub amplificator sau mixer ; *В* — dublă diodă ; *С* — triodă ; *D* — pentodă cu pantă variabilă ; *Е* — indicator de acord ; *F*—triodă pentodă ; *G*—indicator de acord ; *Н* — dublă diodă ; *J* — pentodă cu pantă fixă ; *К* — pentodă cu pantă variabilă ; *L* — pentodă finală ; *М* — pentodă cu pantă variabilă ; *N* — dublă triodă ; *Q* — dublă diodă — triodă ; *R* — dublă diodă — triodă ; *Т* — triodă ; *U* — indicator de acord ; *V* — tetrodă ; *W* — pentodă ; *XYZ* — redresoare.

— Notația tuburilor europene cuprinde două litere și o cifră. Prima literă : *А* = 4 V încălzire ; *В* = = 180 mA curent la filament ; *С* = 200 mA curent la filament ; *D* = încălzire din baterie, 1,5 V ; *Е* = = 6,3 V ; *Н* = 150 mA ; *К*= 2 V ; *N*=195 mA ; *Р*= = 300 mA ; *U* = 100 mA ; *V* = 50 mA.

Literă a doua indică numărul de electrozi : *А* — diodă ; *В* — dublă diodă ; *С* — triodă ; *D* — triodă finală ; *Е* — tetrodă ; *F* — pentodă ; *Н* — hexodă, heptodă ; *К* — octodă ; *L* — pentodă finală ; *М* — indi-

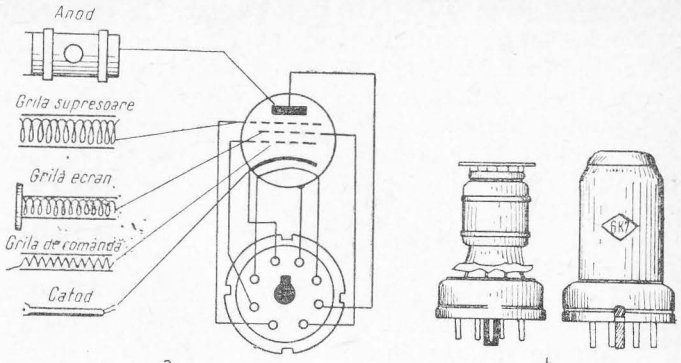


Fig. 30 Electrozii unei pentode: *a* — secțiune; *b* — aspectul exterior.

cator de acord: *Q* — nonodă; *X* — redresoare cu gaz; *Y* — redresoare; *Z* — redresoare dublă.

Numărul ce urmează arată seria de fabricație și tipul de soclu utilizat.

De exemplu, EBC 81 indică un tub cu 6,3 V la încălzire, dublă diodă-triodă — sau, ECL 82 — triodă-pentodă, cu 6,3 V la încălzire amplificatoare de putere.

Electrozii unui tub electronic au următoarele funcțiuni:

— Catodul emite fluxul de electroni și este legat cu polul negativ al sursei exterioare de alimentare electrică (*fig. 30*).

— Anodul captează fluxul de electroni, prin care se închide curentul anodic. La anod se conectează polul pozitiv al sursei de alimentare.

— Grila de comandă modifică fluxul de electroni dintre catod și anod, variind astfel intensitatea curentului anodic.

— Grila ecran micșorează capacitatea anod — grilă și mărește factorul de amplificare.

— Grila supresoare, care se montează între anod și grila ecran, are rolul de a înlătura fenomenul de „emisiune secundară".

În cataloagele de tuburi se găsesc datele tehnice ale tuturor tipurilor de tuburi electronice. Notațiile

folosite pentru datele caracteristice și sensul lor trebuie eventual memorate, fiind utile în toate ocaziile cînd se calculează circuitele electronice.

Le redăm mai jos pentru a pătrunde sensul lor corect:

U_a — tensiunea continuă dintre anod și catod

U_{a2} — tensiunea alternativă dintre anod și masă

U_{a0} — tensiunea continuă admisă de tub, cînd $I_c = 0$ mA

U_b — tensiunea continuă de alimentare

U_f — tensiunea de filament

U_{fk} — tensiunea dintre filament și catod

U_{g1} — tensiunea de negativare pe grila 1

$U_{g1}(N)$ — tensiunea alternativă necesară pe grilă pentru a obține la ieșire puterea nominală

I_a — curentul anodic

$I_{a\max}$ — curentul anodic la semnalul maxim

I_{a0} — curentul continuu anodic, cînd $U_{g1} = 0$ V

I_f — curentul de filament

I_{g2} — curentul de ecran

I_{g1} — curentul de negativare

I_{g20} — curentul de ecran $U_{g1} = 0$ V

I_k — curentul de catod

R_a — rezistența de sarcină

R_{aa} — rezistența de sarcină pentru amplificator în contratimp

R_{g1} — rezistența pe grilă de comandă

R_{g2} — rezistența pe ecran

R_i — rezistența internă $\left(\rho = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}\right)$

R_k — rezistența pe catod

N — puterea de ieșire de audiofrecvență

$N(10\%)$ — puterea de ieșire pentru distorsiuni 10%

N_a — puterea de disipație pe anod

S — panta $\left(S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} = \frac{U}{R_i} = \text{mA/V}\right)$ U_a constant

μ — factorul de amplificare $\left(\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_{g1}}\right)$ I_a constant

μ_{g2g1} — factorul de amplificare între grila 1 și 2

a — amplificarea de tensiune

K — factorul de distorsiuni de neliniaritate

U_{g2} — tensiunea pe grila ecran

U_{g3} — tensiunea pe grila supresoare

Tot din codul tuburilor de recepție face parte și grupul de cifre care indică tipul soclului (*fig. 31*). Tuburile cu grupa de cifre 50—59 și peste 100 au socluri diferite.

Pentru folosirea catalogului de tuburi electronice și identificarea rapidă a conexiunilor la soclu vom da două exemple:

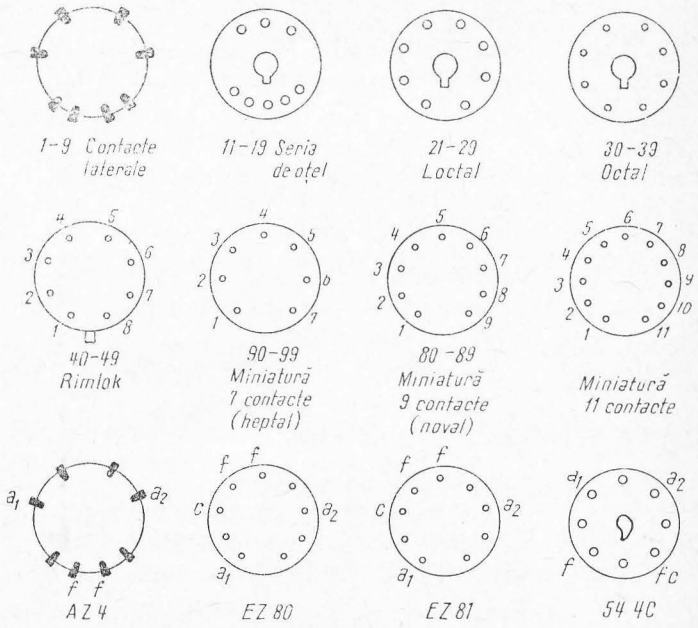


Fig. 31 Tipuri de socluri pentru tuburi electronice

— Tubul ECC 82 este o dublă triodă cu $Vf = 6{,}3$ V și soclu miniatură cu 9 contacte (82).

— Tubul PL 36 are un curent de încălzire a filamentului de 300 mA (*P*); este o pentodă finală (*L*) și are soclu octal (36).

Verificarea regimului de funcționare a tuburilor. Pentru funcționarea normală a fiecărui tub electronic este necesar ca tensiunile și curenții de pe electrozii lui să aibă valorile prescrise în catalog. Aceste valori se pot verifica între punctele indicate în *fig. 32*, cu ajutorul instrumentelor de măsurat.

Scara fiecărui instrument precum și modul lui de conectare sînt indicate pe figură.

Parametrii statici ai unui tub electronic — panta (S), rezistența internă (R_i) și factorul de amplificare (μ) — care fac legătura între variațiile curentului și ale tensiunilor aplicate pe electrozi, pot fi determinați din caracteristicile statice ale tubului. În lipsa curbelor caracteristice, acestea se pot ridica experimental cu ajutorul unor montaje în care curentul anodic este dependent de tensiunile aplicate celorlalți electrozi ai tubului.

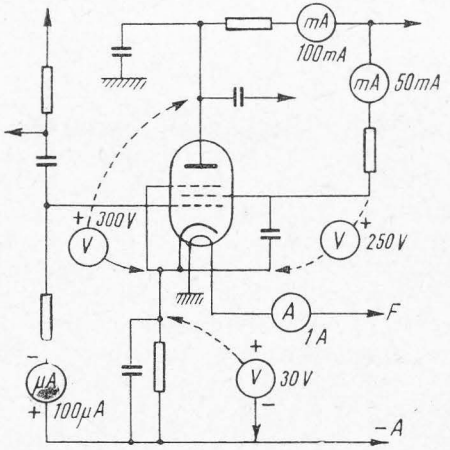


Fig. 32 Montaj pentru măsurarea regimului de lucru al unei pentode.

Defectele tuburilor electronice, cele mai importante, pot fi: epuizarea emisiei catodice, întreruperea și arderea filamentului, scurtcircuit între electrozi, fisuri în balonul tubului, diminuarea gradului vidului în tub, întreruperea conexiunii interne între electrozi și picioruşe, oxidarea picioruşelor, și altele.

Unele defecte se observă la o verificare sumară a tubului, ca arderea și întreruperea filamentului, urme albe pe interiorul balonului, ceea ce înseamnă că acesta este fisurat, înroșirea anodului sau a altui electrod, ceea ce presupune că există curent mare prin tub etc.

O verificare amănunțită a tubului se face însă cu ajutorul unor instrumente și aparate de măsurat, cum sînt ohmmetrul și catometrul.

Cu *ohmmetrul* se verifică continuitatea filamentului și chiar emisia lui. Pentru aceasta, se constată mai întîi polaritatea ohmmetrului. Se aplică tubului tensiunea de încălzire, tensiunea anodică fiind întreruptă (prin scoaterea tubului redresor).

În cazul unei diode, ohmmetrul se aplică între anod și catod, cu borna minus la catod. Emisia catodului va fi observată prin deviația acului indicator al ohmmetrului. În același fel se procedează cu restul electrozilor, pentru a constata eventualele scurtcircuite. În locul ohmmetrului, se poate folosi un voltmetru cu scara 3 ... 10 V și două baterii de lanternă legate în serie.

O altă metodă de verificare constă în folosirea unui tub cu neon, ca indicator. După încălzirea filamentului, se conectează un electrod al tubului cu neon la catodul tubului electronic, iar celălalt electrod în serie cu o sursă de alimentare de curent alternativ (70—120 V) la anodul tubului. În raport cu emisia catodului, va ilumina și tubul cu neon prin care va circula curentul anodic al tubului de verificat.

Catometrul este un aparat mai complex cu care se controlează buna funcționare a tuburilor electronice. Cu el se poate verifica dacă filamentul este întrerupt sau mai are emisie, dacă există scurtcircuit

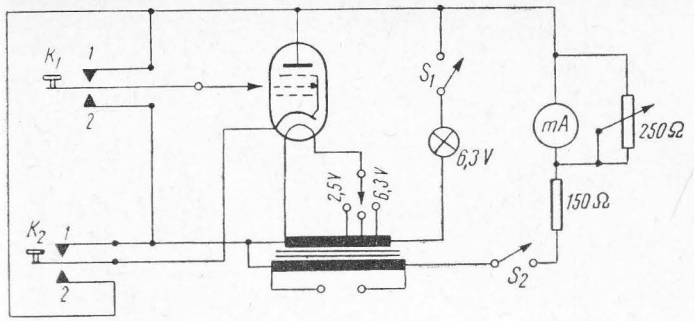


Fig. 33 Schema unui catometru simplu.

între electrozi și dacă panta corespunde datelor din catalog, precum și calitatea vidului din balon.

Catometrul este construit după schema de principiu din *fig. 33*. În această figură, este arătat numai un soclu de tub, aparatele reale de acest fel avînd socluri pentru mai multe tipuri de tuburi, a căror verificare se poate face prin „încălțarea" cu aceste socluri.

Emisia catodului se măsoară prin închiderea contactului S_2 și deschiderea lui S_1. Un eventual scurtcircuit între electrozi se verifică deschizînd contactul S_2 și închizînd contactul S_1; se apasă pe butonul K_1 spre a face contactul 2. Dacă grila se atinge de placă, beculețul de 6,3 V va lumina. Apăsînd pe K_2, dacă există un scurtcircuit între catod și filament, de asemenea, beculețul va lumina.

Analizorul (*fig. 34*) este o variantă a schemei catometrului. El permite verificarea regimului de funcționare a tuburilor electronice în condițiile de lucru din aparatul respectiv. Cu acest dispozitiv se pot măsura rapid, fără a deconecta legăturile de la soclu, tensiunile și curenții din circuitele unui tub electronic, depistînd eventualele scurtcircuite sau întreruperi ale electrozilor, precum și emisia catodică. Aparatul poate fi ușor construit și constă dintr-un cordon cu 8 conductoare, prevăzut la un capăt cu un soclu octal, iar la celălalt capăt cu un soclu de trecere miniatură

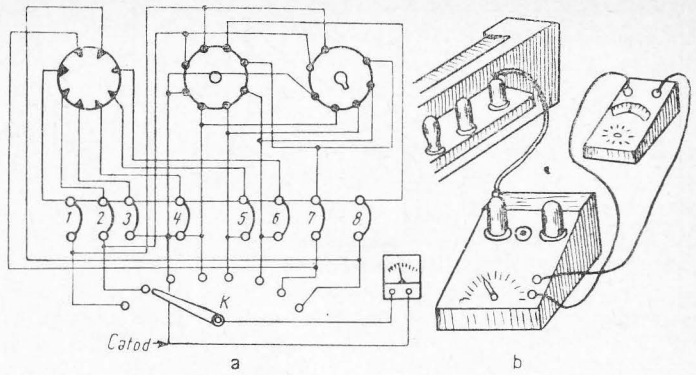


Fig. 34 Schema analizorului de tuburi electronice.

„ghindă" sau contacte laterale, 16 bucșe și 8 scurtcircuitoare în formă de *U*. Analizorul, care este în sine un adaptor, poate folosi la măsurarea oricărui tip de lampă care lucrează în audiofrecvență.

Tubul de verificat se scoate din receptor și se introduce în soclul respectiv din analizor. În locul tubului, se introduce culotul din capătul cordonului cu 8 conductoare, iar celălalt culot, în analizor. La măsurarea tensiunilor U_a, U_{g1}, U_{g2}, U_f, U_k, se vor introduce scurtcircuitoarele în bornele 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, iar cînd se măsoară curentul din circuitul unui electrod, se scoate scurtcircuitorul și se înseriază un miliampermetru.

Cunoscînd după catalog parametrii funcționali, se va descoperi orice abatere de la regimul de funcționare dinamică a tubului respectiv.

Sfaturi practice

Multe dintre tuburile considerate defecte se pot uneori recondiționa, pentru a fi menținute încă în funcțiune. Numai dacă filamentul este întrerupt, situația este definitiv ireparabilă.

Dacă tubul nu mai are emisiune catodică, se poate încerca următorul procedeu : se va încălzi tubul timp de 5—6 minute la tensiunea normală de lucru, după care se va mări treptat tensiunea cu 1,2 ori față de tensiunea de lucru, timp de 5 minute. Se continuă ridicarea tensiunii pînă la 50% din valoarea nominală, timp de 15 minute, apoi se va descrește în același mod ca la creștere. Toată operația este preferabil să fie făcută cu ajutorul unui reostat. În caz de nereușită operația se va repeta de 2—3 ori.

— Atingerea dintre electrozi (mai frecvent grila cu catodul) poate fi remediată astfel : se încarcă un condensator electrolitic de 32, 50 sau 100 μF la o tensiune de 400 V și se va descărca pe piciorușele electrozilor la care ohmmetrul indică scurtcircuit. Se va repeta operația de cîteva ori. Dacă totuși scurtcircuitul nu dispare, se va încerca un procedeu mai dur : se va introduce tensiune de la rețeaua electrică, avînd înseriat un bec de 100 W.

Chiar dacă metodele nu dau în toate cazurile rezultate, satisfacția recondiționării tuburilor merită să fie încercată.

VI. DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE

Semiconductoarele reprezintă o categorie de substanțe de care fizicienii au început să se ocupe mai intens de prin anul 1920. Atenția asupra posibilităților pe care le oferă ele a crescut însă de-abia după anul 1948.

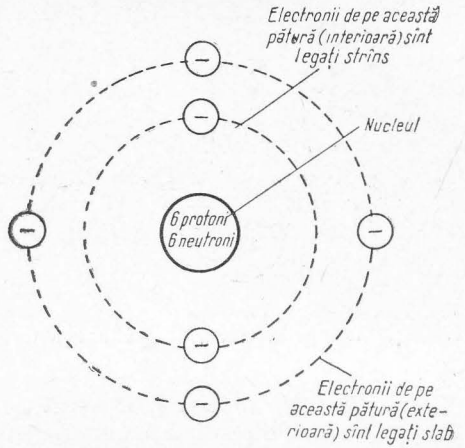
Într-adevăr, se știa pînă atunci că unele corpuri pot să conducă bine curentul electric, în timp ce alte corpuri sînt practic lipsite de această proprietate.

După felul cum conduc curentul electric, corpurile se împart în metale și izolatoare, iar între ele, mai trebuie introdusă o categorie : semiconductoarele. Pentru a vedea prin ce se deosebesc semiconductoarele de metale și izolatoare, trebuie să vedem mai întîi cum trece curentul electric prin aceste trei tipuri de corpuri.

Să ne propunem deci să facem o vizită în intimitatea atomilor și să vedem care este structura și comportarea lor.

Ce altceva este un corp solid decît o îngrămădire de atomi ? Numai că această îngrămădire nu înseamnă dezordine. Marea majoritate a corpurilor metalice au o structură cristalină, formată dintr-o rețea în care electronii se mișcă în jurul nucleului atomului, pe diferite orbite, mai apropiate sau mai depărtate de acesta, formînd ceea ce se cheamă „învelișuri" sau „pături" electronice. Cu cît un electron se mișcă pe un înveliș aflat mai aproape de nucleu, cu atît el este atras mai puternic de acesta și cu atît mai greu poate fi îndepărtat de el. Electronii de pe orbitele mai depărtate sînt mai slab legați de nucleu și de

Fig. 35 Atomul de carbon.



aceea, în anumite condiții, ei pot trece chiar pe atomii învecinați. Electronii de pe ultimul înveliș al unui atom se numesc „electroni de valență".

De pildă, în atomul de carbon se rotesc în jurul nucleului 6 electroni (*fig. 35*). Dintre aceștia, 2 sînt mai apropiați de nucleu, fiind strîns legați de el ; ceilalți 4 se rotesc la o distanță mai mare și pot fi smulși mai ușor de sub influența nucleului. Prin acești 4 electroni „de valență" se stabilesc legăturile între atomii de carbon, atomul de carbon fiind tetravalent. De asemenea, atomul de siliciu este tetravalent, din cei 14 electroni 4 fiind așezați pe orbita exterioară, de valență.

Să reținem o concluzie foarte importantă : cu cît numărul total de electroni crește, electronii de pe păturile interne sînt din ce în ce mai aproape de nucleu și deci mai puternic legați de acesta, în timp ce electronii de pe pătura exterioară, rămînînd mai depărtați, vor fi legați mai slab. Acești *electroni de valență* dau proprietățile chimice ale atomilor respectivi. De aceea, într-un corp solid, atomii nu se mai găsesc în stare de mișcare complet liberă, haotică, caracteristică gazelor și vaporilor, ci au o poziție medie fixă, dînd

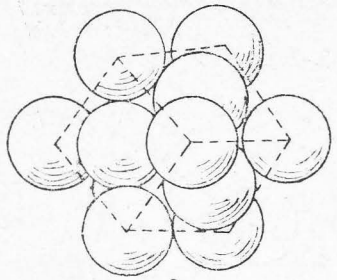


Fig. 36 Rețea „cubic centrată" de sare de bucătărie.

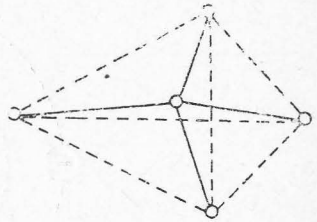


Fig. 37 Rețea cristalină „tetraedru" de germaniu și siliciu.

acea structură cristalină. Într-un asemenea cristal metalic, atomii sînt așezați simetric unul față de altul, formînd o rețea spațială, în care atomii ce ocupă nodurile rețelei sînt atît de apropiați unul față de altul încît ajung să se influențeze reciproc. Aceste *celule* (*rețele*) *cristaline* se repetă în tot corpul solid. De exemplu, metale ca argintul, cuprul, aurul, nichelul, platina și altele au atomii așezați într-o rețea „cubică cu fețe centrate" (*fig. 36*).

Astfel, sarea de bucătărie este un corp cristalin în care rețeaua spațială este formată din ioni de sodiu (*Na*) și de clor (*Cl*), distribuiți în mod regulat în colțurile unui cub. Din unirea atomilor de siliciu se naște cristalul de siliciu. Aici, atomii sînt așezați altfel : fiecare atom este dispus în centrul unui tetraedru regulat, în ale cărui colțuri se găsesc alți patru atomi (*fig. 37*). Accesași rețea cristalină o întîlnim și în cazul germaniului.

Funcție de particulele care formează rețeaua cristalină, deosebim *cristale ionice*, *atomice* și *moleculare*.

Cristalele ionice sînt formate din ioni pozitivi (atomi cu lipsă de electroni) și ioni negativi, care se atrag, așa cum este cazul cristalului de *NaCl*. În acest caz, un electron al atomului de *Na* trece la atomul de *Cl* și, astfel, apar ioni pozitivi (Na^+) și negativi (Cl^-), care se atrag.

Spunem că în metale, electronii de valență sînt „liberi", în timp ce la cristalele ionice, ei sînt strîns uniți.

Cele mai multe corpuri, care nu se prezintă la vederea cu ochiul liber sub formă de cristale, au totuși o structură cristalină. De exemplu, o bară de cupru are, contrar aparențelor, o structură cristalină, ca de altfel și multe substanțe organice.

Spre deosebire de corpurile cristaline, există și *corpuri amorfe*, în care atomii nu sînt așezați într-o ordine oarecare. Un exemplu este sticla, care, oricît de curios ar părea, nu este un corp cu structură cristalină.

Prin cele spuse mai sus, să admitem că am pătruns puțin în secretul „atomic" al corpurilor metalice. Este bine să se rețină că, într-o bucată de metal, există o mare animație în lumea electronilor. O serie de electroni, cîte unul sau doi de fiecare atom, reușesc să fugă și să călătorească printre atomi. Aceștia sînt electronii liberi.

Cu totul alt aspect vom întîlni într-o bucată de mică sau material ceramic. Aici nu se „plimbă" nici un electron liber. Toți electronii sînt strîns ținuți în „curțile" lor atomice.

Așadar, într-un metal, are cine să conducă curentul electric, întrucît există un număr mare de electroni liberi, pe cînd, într-un material izolator (ceramică, sticlă), acest fenomen nu se poate produce, nefiind electroni liberi.

Vorbind în cifre, vom spune că metalele au o conductivitate electrică foarte mare, cuprinsă aproximativ între $6 \cdot 10^3\ \Omega$ și $6{,}6 \cdot 10^5\ \Omega^{-1} \cdot cm^{-1}$, pe cînd materialele izolante au o rezistență electrică foarte mare, care poate ajunge pînă la $10^{20}\ \Omega$ cm.

În conformitate cu ideile actuale, se poate afirma că rezistența electrică se datorește difuziei (împrăștierii) pe care o suferă electronii din cauza neomogenității de structură din interiorul rețelei cristaline. Într-un metal, neomogenitatea nu depinde de temperatură, ci de prezența diverselor impurități.

După cum s-a văzut la începutul acestui paragraf, mai există o categorie intermediară de materiale, care, în anumite condiții, se comportă ca materiale conducătoare de electricitate, iar în altele, ca materiale izolante. Aceste materiale sînt *semiconductoarele*, care au conductivitatea electrică cuprinsă între 10^4 și $10^{-10}\ \Omega \cdot cm^{-1}$, rezistența lor electrică micșorîndu-se odată cu creșterea temperaturii.

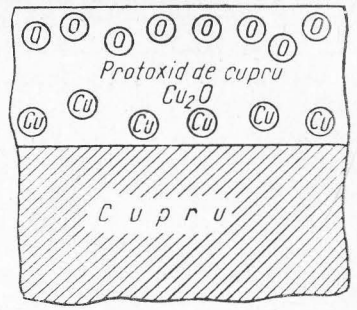
Din clasa semiconductoarelor fac parte elemente cum ar fi: telurul, borul, siliciul, fosforul, germaniul, arsenul, seleniul, precum și oxizii metalelor, sulfurile metalice, seleniurile și unele săruri complexe metalice. Proprietățile chimice ale acestor substanțe erau de mult cunoscute, dar abia în ultimii ani au fost studiate mai amănunțit, constatîndu-se că proprietățile lor electrice sînt excepționale. Nu trebuie însă lăsată impresia că toate proprietățile fizice ale semiconductoarelor sînt azi complet lămurite și că drumul aplicațiilor în viitor este larg deschis. Acest capitol al fizicii se află încă în studiu și nu sînt excluse surprize spectaculoase.

Semiconductoarele constituie sediul unor fenomene fizice caracteristice, care, deși stau la baza unor realizări mai vechi — celule fotoelectrice, redresoare uscate — nu au putut fi explicate pe acea vreme. Progresul realizat de atunci în această privință este de o importanță considerabilă, pentru că a permis să se formuleze o teorie unică asupra fenomenelor electrice din corpurile solide, fie ele semiconductoare, conductoare sau izolante.

Curentul electric în semiconductoare

Să încălzim într-un cuptor un conductor de cupru, pînă la temperatura de o mie grade Celsius. Înainte de a se topi, pe suprafața sîrmuliței începe o reacție activă, de combinare chimică a metalului cu oxigenul din aer. Fiecare pereche de atomi de cupru se unește

Fig. 38 Din cupru pătrund în protoxid atomi de cupru, iar din aer atomi de oxigen.



cu un atom de oxigen și, după cîteva minute, sîrmulița se acoperă cu o substanță neagră, numită protoxid de cupru (Cu_2O), ca în *fig. 38*.

Verificînd cum conduce curentul electric, se va observa că protoxidul de cupru îl conduce mult mai puțin decît cuprul. Pînă aici nimic neașteptat. Dar, cu cît vom încălzi mai puternic un cristal de protoxid, cu atît el va conduce curentul mai bine. La un conductor de cupru curat, fenomenul se petrece exact contrar. Cum se explică aceasta ?

Într-un semiconductor, de obicei, electronii de pe orbita periferică fac parte în același timp din doi atomi vecini, realizînd legătura lor în rețeaua cristalină „cubică". Ei nu sînt legați prea puternic de nucleul atomilor. Dacă temperatura se ridică, energia mișcării termice dezordonate se mărește imediat. În consecință, prin încălzire, se slăbește legătura dintre atomi, tot mai mulți electroni fiind eliberați, și, astfel, posibilitatea de conducție a curentului electric crește.

Într-adevăr, explicația este simplă, dacă fenomenul s-ar petrece întocmai și în natură. Dar calculul teoretic arată că conductivitatea electrică a cristalului de Cu_2O este de două ori mai mică decît cea reală.

După cum am arătat mai înainte, în metale, curentul electric este rezultatul mișcării electronilor — sarcini electrice negative — sub acțiunea unor acțiuni exterioare (încălzire, iluminare, bombardament cu particule). Mai există însă corpuri în care curentul

electric ia naștere datorită atît *sarcinii electrice negative, cît și pozitive*. Este cazul „electroliților", corpuri în care curentul este datorit deopotrivă atît mișcării ionilor negativi cît și a celor pozitivi.

Întocmai ca în electroliți, în semiconductoare, curentul electric rezultă, de asemenea, datorită mișcării sarcinilor negative și pozitive, dar într-un mod mai complex. La semiconductoare avem de-a face cu două feluri de purtători de electricitate și anume : cu electroni și cu „goluri". Dar în legătură cu eliberarea electronilor de „valență" din cristale, de germaniu sau siliciu de pildă, să precizăm următoarele : cînd un electron părăsește locul lui de pe orbita atomului, loc pe care-l vom denumi de aici înainte „gol", acest loc nu rămîne nici el fix. Golul poate fi ocupat cu ușurință de un alt electron de valență, de la o legătură vecină, ceea ce face evident, ca gaura sau „golul" să reapară în locul din care s-a deplasat electronul. Noul gol poate fi ocupat de alt electron, la rîndul lui. Putem spune, așadar, că și golurile se schimbă în cristale.

Ar fi, cum se spune, un joc de-a bilele și golurile : electronii periferici ai atomilor unui semiconductor „schimbă stăpînii", adică sar pe „locul care a devenit vacant", în sensul în care sînt atrași de cîmpul electric (*fig. 39*).

Putem afirma deci că golurile simulează proprietățile unui electron cu sarcină electrică pozitivă. Această analogie s-a dovedit extrem de utilă pentru

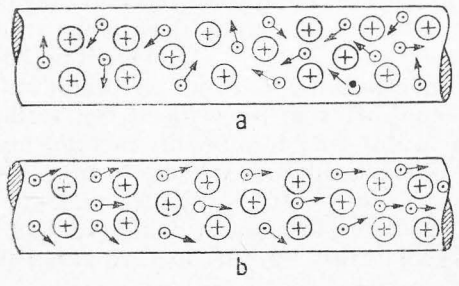
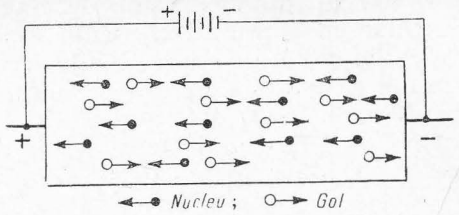


Fig. 39 Mișcarea electronilor prin goluri în semiconductoare.

Fig. 40 Sensul curentului electric în semiconductoare.



descrierea fenomenelor care își au sediul în semiconductoare. Totuși, un gol nu are nimic comun cu un electron pozitiv (pozitron) care există real, în fenomenele radioactive.

Dacă introducem o bară de siliciu sau germaniu pur în circuitul unei baterii electrice, prin ea va trece un curent electric, la care contribuie atît electronii liberi (negativi), cît și golurile (pozitive) care vor fi umplute de preferință cu electroni de valență (*fig. 40*).

După cum știm, electronii se deplasează în sensul invers al cîmpului electric, iar golurile se vor mișca în același sens cu cîmpul, adică se vor comporta ca și cînd ar fi încărcate pozitiv. Aceasta, în cazul semiconductoarelor fără impurități. De remarcat că numărul electronilor liberi și al golurilor este egal și că numărul lor crește odată cu creșterea temperaturii semiconductorului, ca urmare a agitației termice, rezultînd o scădere a rezistenței electrice. Variația în sens contrar a rezistenței electrice cu temperatura este o proprietate cu totul specifică semiconductoarelor.

Semiconductoare cu impurități.

În cele mai multe aplicații, cristalele de germaniu și siliciu nu sînt pure, ci conțin adaosuri de anumite elemente chimice, denumite „impurități". Ce rost au ele ?

Să ne amintim de stratul de protoxid de cupru de pe sîrmulița de cupru. Ce impurități avea el ? La exterior avea, cu siguranță, atomi liberi de oxigen

din aer. În interior, atomii de cupru, din cauza contactului cu cuprul. Experiența arată că, prin adăugarea de atomi de cupru, conductivitatea semiconductorului se mărește. Este normal, fiind vorba de adăugarea unui *metal*, care servește ca sursă de electroni *liberi*. Impuritățile de acest fel se numesc „donoare", iar semiconductoarele care le conțin se numesc „semiconductoare electronice".

Prin adăugarea de oxigen, care nu are însușirile unui metal, va scădea conductivitatea electrică a protoxidului ?

Nici vorbă de așa ceva ! Un mic adaos de atomi de oxigen nu numai că nu va scădea conductivitatea electrică a protoxidului, dar o va mări considerabil.

Atomul de oxigen este ceva mai sever cu electronii lui. El îi ține strîns de nucleu, ba chiar atrage pe pătura sa exterioară și electroni străini. Dar electronii captați de oxigen, care aici constituie o impuritate, lasă locuri goale în legăturile electronice dintre atomii de protoxid. În semiconductor apare așadar un surplus de astfel de locuri neocupate de electroni, adică un prisos de goluri.

De aici, semiconductoarele cu goluri în plus au impurități *acceptoare*. Astfel, protoxidul de cupru poate fi atît semiconductor electronic, cît și cu goluri : aceasta depinde de cantitatea de impuritate care predomină. Rezultă deci că atomii oaspeți, denumiți „impurități", influențează caracterul și comportarea atomilor gazdă. Doze extrem de mici de impurități fac să crească conductivitatea electrică a semiconductorului de zeci, sute și chiar de mii de ori.

Cu alte cuvinte, purificăm mai întîi un material, pentru ca apoi să-l „murdărim" cu impurități, atît cît trebuie, spre a-i imprima anumite însușiri, dinainte „comandate". Și pentru aceasta trebuie să spunem că uneori este nevoie să se aducă un material la un grad de puritate așa de mare, încît la zece miliarde de atomi să se găsească un singur atom străin. Este o operație destul de complicată, ca și cînd s-ar alege cîteva firicele de aur dintr-un camion cu nisip fin.

Și totuși, s-a găsit o soluție tehnică și pentru „impurificarea" cristalelor de germaniu întrebuințate la tranzistoare, unde nu este nevoie să se adaoge nici mai mult nici mai puțin decît un atom de impuritate la 100 milioane de atomi de germaniu. Germaniul cu impurități are conductivitatea electrică mai mare decît aceea a germaniului obișnuit, ea fiind cuprinsă între 10^{3} pînă la $10^{-12}\ \Omega^{-1} \cdot cm$. Ca impurități, se folosesc borul, aluminiul, galiul, indiul, taliul etc., pentru goluri, și vanadiul, stibiul, bismutul etc., pentru electroni.

Semiconductoarele pure, adică fără adaosuri, au o conductivitate denumită „intrinsecă" ; semiconductoarele cu adaosuri au o conducție prin adaosuri, sau „conducție extrinsecă".

Diode și tranzistoare

Diodele și tranzistoarele fac parte din categoria dispozitivelor semiconductoare, la baza cărora stau două elemente, germaniul și siliciul, care, în stare cristalină, prezintă unele proprietăți interesante, precum și o rezistivitate mare în raport cu materialele bune conducătoare de electricitate. Prin introducerea în structura lor a unor impurități, rezistivitatea lor scade foarte mult, devenind comparabilă cu a metalelor.

Funcție de natura impurității, se obțin semiconductoare de tip *n*, care au un surplus de electroni, sau de tip *p*, care au un surplus de goluri ; golul reprezintă lipsa unui electron din rețeaua atomică a cristalului. Folosind ca impurități stibiul sau arsenul, în corpul semiconductorului apar electroni liberi, ca și la metale.

Acest semiconductor este de tip *n*. Dacă, în locul stibiului sau arsenului, se introduce ca impuritate indiul, în corpul semiconductorului apare o lipsă de electroni — „goluri" și acest semiconductor a fost numit de tip *p*. Luate separat, semiconductoarele de tip *n* și *p* se comportă ca niște conductoare obișnuite (*fig. 41*).

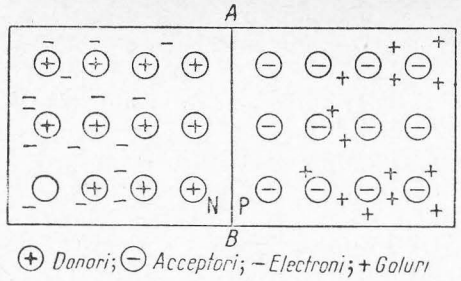


Fig. 41 Schema joncțiunii *pn*

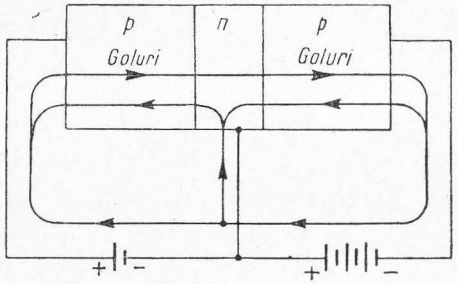


Fig. 42 Joncțiuni *p—n—p* cuplate.

Dioda

Joncțiunea (contactul) între un semiconductor de tip *n* și un metal sau joncțiunea a două semiconductoare, unul de tip *p* și altul de tip *n*, constituie o diodă semiconductoare de tip *pn*, care permite trecerea curentului doar într-un singur sens, atunci cînd pe acest dispozitiv se aplică o tensiune avînd polaritatea „+" spre zona *p* și „—" spre zona *n*. Dacă se schimbă polaritatea tensiunii, prin dispozitiv nu trece curent. Deci dioda poate separa semiperioadele pozitive de cele negative, în cazul unei surse de curent alternativ, fapt pentru care ea se folosește la redresare. Ca diode redresoare se folosesc diodele cu joncțiune, deoarece suportă curenți mai mari (*fig. 42*).

Diodele cu germaniu funcționează normal pînă la temperaturi de 50—60°C.

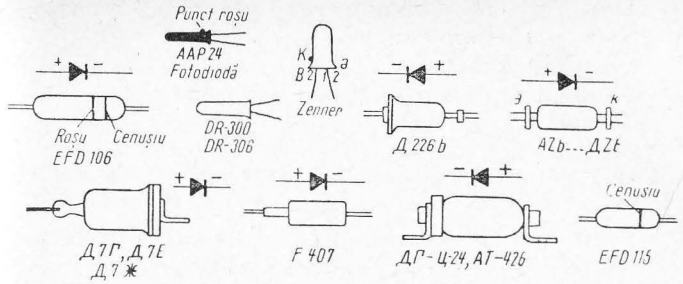


Fig. 43 Aspectul exterior al unor diode mai utilizate.

Peste 100°C se utilizează diode cu siliciu. În afară de diodele cu germaniu și cu siliciu, se mai întîlnesc diode cu seleniu și diode cu cuproxid, bazate pe aceleași principii de funcționare. Ele suportă tensiuni mai mari cînd se leagă în serie.

În *fig. 43* sînt arătate aspectul exterior, precum și sensul de conducție al unor diode mai utilizate, iar în *fig. 44*, secțiuni în diode punctiforme și cu joncțiune.

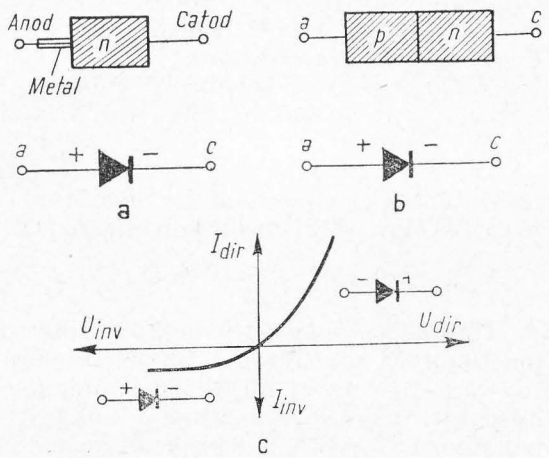


Fig. 44 Simbolul diodei și caracteristica $I = f(u)$.

Din principalele caracteristici ale diodelor cu joncțiune se pot enumera :

— curentul maxim (*I max*), care, dacă se depășește dioda, se distruge datorită supraîncălzirii ;

— tensiunea inversă maximă (*V, inv. max*, peste care dioda se străpunge).

Diodele semiconductoare fabricate în R. S. R. sînt :

— cu contact punctiform cu germaniu (indicativ *EFD*). Ele se folosesc ca detectoare în radioreceptoare și au tensiunea inv. max. cuprinsă între 10 ... ... 100 V și un curent mediu redresat de circa 30 mA.,

— cu joncțiuni aliate (indiu difuzat în germaniu), în care se încadrează redresoarele de medie și de mare putere (indicativ *EFR*) și redresoare de mică putere cu siliciu (*EF-DS*) ; redresoarele stabilizatoare de tensiune cu siliciu (*DZ*), denumite și *„diode Zenner*. Ele folosesc la stabilizarea tensiunilor cuprinse între 5 și 20 V. Tipul lor are indicativele DZ 307 ... 312.

Alte tipuri de diode sînt :

Dioda tunel, care este o joncțiune $p - n$, cu grosimea la trecere de ordinul micronilor. Se folosește ca oscilatoare și amplificatoare la frecvențele înalte și în comutații rapide. Diferind de dioda obișnuită nu se folosește la redresare.

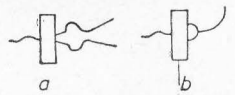
Dioda varicap (varactorul), care funcționează cu tensiune inversă, putînd fi folosită ca o capacitate reglabilă electric.

Fotodioda, care își schimbă caracteristicile (valoarea intensității curentului la modificarea iluminării), fiind folosită la diverse automatizări (DF 2 și DF 3).

Tranzistorul

Tranzistorul este o triodă semiconductoare cu două joncțiuni. El este format din trei regiuni $p - n - p$ sau $n - p - n$, avînd două suprafețe de contact între ele. Primele tranzistoare au fost cu contact punctiform (1948), iar ulterior au apărut cele cu joncțiune (*fig. 45*).

Fig. 45 Construcția tranzistorului : *a*— punctiform și a tranzistorului cu joncțiune (*b*).



Constructiv, tranzistoarele cu joncțiune se pot produce prin trei procedee : prin creștere (tragere), prin aliere, și prin difuzie (drift). Celelalte metode sînt : — mesa (cu baza difuzată), planară și epitaxială sau tranzistoare folosite în regim de comutație. Oricare ar fi tipul tranzistorului, el este format din trei zone semiconductoare diferite în succesiune *pnp* sau *npn*, cu condiția ca zona de mijloc să fie foarte subțire. Cele trei zone se numesc, în ordine, emitor, bază și colector și au scoase în exterior trei conexiuni numite „terminale". De obicei, la corpul tranzistorului se leagă fie baza, fie colectorul. În *fig. 46* sînt prezentate joncțiunile *pnp* și *npn*, precum și simbolurile tipurilor *pnp* și *npn* ale tranzistoarelor obținute, funcție de impuritățile folosite.

Luînd separat circuitele bază-colector și bază-emitor, constatăm o situație similară legării a două diode care conduc curentul numai într-un singur sens. Dar aceasta este valabil numai cînd se iau separat cele

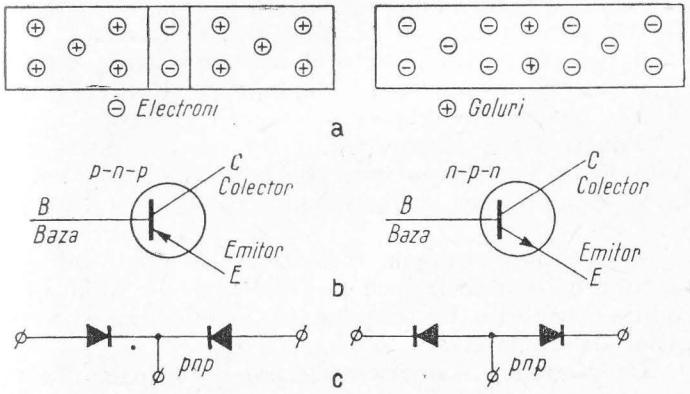


Fig. 46 Simbolurile tranzistoarelor *PNP* și *NPN*.

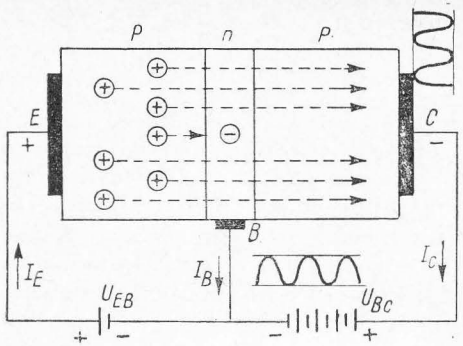


Fig. 47 Modul de funcționare al tranzistorului.

două joncțiuni ($E - B$ și $C - B$). Funcționarea tranzistorului se poate înțelege din schema reprezentată în *fig. 47*.

Dacă la tranzistorul tip *pnp* conectăm o sursă de alimentare ***UEB*** și ***UBC***, golurile vor trece prin bariera de potențial de la regiunea de tip *P* (emitor) în regiunea de tip *N* (bază). Apoi, aceste goluri vor fi atrase de colectorul polarizat invers față de emitor. Cu cît crește tensiunea emitor-bază (***UEB***), cu atît se va mări și intensitatea curentului colectorului I_c (95—99% din curentul de emitor — *IE*, restul fiind curentul de bază *IB*). Se constată experimental că I_c este proporțional cu *IE* și se poate scrie că :

$I_c = \alpha IE$ (α fiind factorul de amplificare $\approx 0{,}9$).

Curentul de emitor *IE* depinde de *UE*, care, indirect, poate comanda I_c.

Funcționarea tranzistorului tip *npn* se poate explica la fel ca la tipul *pnp*. Se poate face o paralelă între funcționarea tranzistorului și cea a tubului triodă.

Comparînd trioda cu tranzistorul se poate admite că rolul catodului îl joacă aici emitorul, iar rolul anodului, colectorul, în timp ce baza îndeplinește rolul grilei de comandă.

Ca și triodele, tranzistoarele pot fi conectate, funcție de tipul și de rolul lor, în unul din cele trei montaje (*fig. 48*), cu baza, emitorul sau colectorul comun.

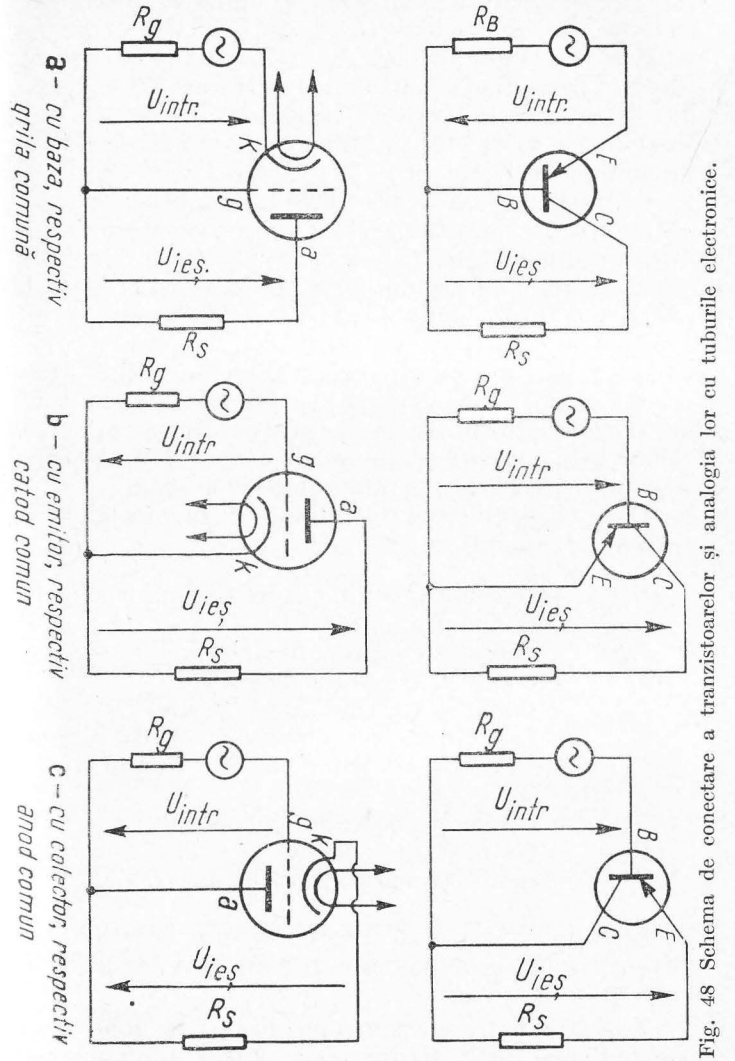


Fig. 48 Schema de conectare a tranzistoarelor și analogia lor cu tuburile electronice.

În montajul cu baza comună, se vede că baza este un element comun pentru circuitul de intrare și ieșire. Corespunzător la tuburi, grila este comună.

Este un montaj mai rar folosit. Caracteristicile sale sînt : rezistență foarte mică la intrare (10 ... 50 Ω), dar mare la ieșire (100 Ω—1 kΩ), amplificare de tensiune foarte mare (100 ... 5 000 ori) și amplificare bună de putere ($10^2 \cdot 10^3$ ori).

Cel mai frecvent utilizat este montajul cu emitorul comun. El se caracterizează prin rezistență mică la intrare (100 Ω ... 10 kΩ), rezistență mare la ieșire (10 kΩ ... 100 kΩ), amplificare de tensiune ridicată (100 ... 5 000 ori), amplificare mare de curent (10—200 ori) și de putere (10^3—10^4 ori).

Montajul cu colector comun este rar întîlnit. Proprietățile sale sînt : rezistență de intrare foarte mică (50 Ω ... 100 Ω), rezistență de ieșire foarte mare (100 kΩ — 500 kΩ), amplificare mare de curent (10—200 ori) și amplificare mică de putere (10—200 ori).

Dintre notațiile valorilor limită și parametrii tranzistoarelor, amintim :

U_{CE0} — tensiunea maximă colector-emitor, cu baza în gol (minim 1 V)
I_{C0} — curentul continuu de colector (0,5—5 mA)
I_E — curentul continuu de emitor
$I_{B\beta}$ — curentul de bază (0,5—10 μA)
— factorul de amplificare în curent alternativ, la montaje cu emitorul comun Ic/I_B ; (20 ÷ 60)
$f\,max$ — frecvența maximă de oscilație
Fzg — factorul de zgomot
S — panta tranzistorului, ca la triodă.

În ultimul timp, au fost construite noi tipuri de dispozitive semiconductoare pentru diverse utilizări, după cum urmează :

Tiristorul, care se compune din patru zone semiconductoare *PNP* și are proprietățile fundamentale ale tubului cu gaz cu grilă, numit „tiratron". Tiris-

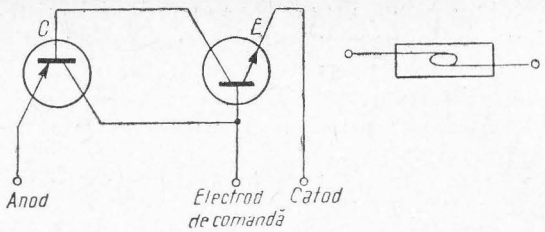


Fig. 49 Tranzistoare speciale : *a* — tiristor ; *b* — termistor.

torul se mai numește și „diodă controlată", fiind utilizat în schemele de redresare comandată (*fig. 49, a*).

Termistorul, care are proprietățile unui element de circuit neliniar, fiind confecționat dintr-un material a cărui rezistență scade foarte mult cu temperatura (oxizi de Mn, Ni, Cu). Se folosește ca termorezistență, la reglarea și măsurarea temperaturii (*fig. 49, b*).

Varistorul, care este o rezistență neliniară, din carbură de siliciu, și se folosește la stabilizare și redresare. Are formă de potcoavă, discuri, segmenți.

Fotorezistențele se compun din materiale semiconductoare (seleniu, sulfură de plumb, de bismut etc.), a căror conductitate crește cu iluminarea. Se folosesc la automatizări.

Tranzistoarele fabricate în RSR se notează cu indicativele EBF și EFT. Una din caracteristicile de bază ale tranzistoarelor o constituie factorul de amplificare în curent, marcat pe corpul tranzistorului (pe colector) cu un punct colorat, avînd următoarea semnificație : roșu-17 .... 35 ; portocaliu-25 ... 45 ; galben-35 ... 55 ; verde-45 ... 65 ; albastru 55 ... 85 ; violet-65 ... 125 ; alb-85 ... 100.

Pentru orientarea mai rapidă asupra funcțiilor unor tranzistoare produse de IPRS, în lipsa unui catalog, redăm mai jos notațiile lor și unele echivalente cu alte tipuri străine.

Toate semiconductoarele, diodele și tranzistoarele se împart în două mari grupe.

Din prima grupă fac parte diodele și tranzistoarele, care se folosesc în radioreceptoare, amplificatoare, televizoare și magnetofoane și se notează cu una sau două litere și trei cifre.

A doua grupă se notează cu trei litere și două sau trei cifre.

Semnificația literelor este următoarea :

— Prima literă :

A — diodă cu germaniu, tranzistor *pnp*

B — diodă cu siliciu, tranzistor cu siliciu, tipul *pnp*

N — tranzistor cu germaniu, tipul *npn*

— A doua literă reprezintă domeniul de aplicare a semiconductorilor :

A — diodă

C — tranzistor de audiofrecvență

F — tranzistor de putere de audiofrecvență (de ieșire)

L — tranzistor de putere de radiofrecvență

P — fotodiodă, fotorezistență

S — tranzistor pentru circuitele de impulsuri de curent

T — tranzistor de putere, pentru comutație

Y — diodă de putere

Z — diodă Zener

Semnificația cifrelor este următoarea :

Pentru elementele din prima grupă, numărul este compus din trei cifre între 100 și 999, iar pentru cele din a doua grupă, dintr-o literă cuprinsă între *A* și *Z* și un număr între 0 și 99. Aceste numere indică modul de realizare, puterea disipată, amplificarea, frecvența de lucru, tensiunea inversă maximă.

Exemple :

Tranzistoare de mică putere, de audiofrecvență, *pnp* : EFT 351, EFT 352, EFT 353, EFT 321, EFT 322, EFT 323 (RSR) ; P 13, P 16, P 13 A, MP 39, MP 40, MP 41, MP 42 (URSS) ; 2 SB 171, 2 SB 172, 2 SB 176, 2 SB 370 (Japonia).

Tranzistoare de audiofrecvență, de mică putere, *npn* : EFT 373, EFT 377, (RSR) ; MP 35, MP 37 (URSS); 104 NU 70, 105 NU 70, 106 NU 70 (RSC).

Tranzistoare de medie putere, de audiofrecvență, *pnp* :

EFT 124, EFT 125, EFT 130, EFT 131, AC 180, AC 180 K și *npn* : AC 181 K (RSR).

Tranzistoare de audiofrecvență, de putere, *pnp* : EFT 112, EFT 213, EFT 214, EFT 250 (RSR) ; P 210, P 201, P 211, P 214 (URSS) AD 201 (RPU) ; GD 160 (RSC) etc.

Tranzistoare de radiofrecvență, pînă la 1 MHz și mică putere, *PNP* :

EFT 306, EFT 307, EFT 308 (RSR) + P 14, P 15 (URSS) ; 2 SA 13, SA 49 (Japonia).

Tranzistoare de radiofrecvență, de mică putere :

EFT 317, EFT 319, EFT 320, (RSR) ; P 401, P 402, P 410, P 411, P 423 (URSS); 2 SA 81, 2 SA 102, 2SA 72, 2SA 353, 2SA 354, 2SA 355 (Japonia) etc.

Pe baza comparării după catalog a diverselor tipuri de tranzistoare, amatorii pot procura echivalentele lor, existente în comerț.

Pentru recunoașterea tranzistoarelor mai uzuale după aspectul exterior, conexiunile privite din partea de jos au semnificația din *fig. 50, a*.

Tot în aceeași figură sînt prezentate diferite alte tipuri de tranzistoare (*fig. 50, b*).

Sfaturi privind utilizarea tranzistoarelor

Se va ține cont de tipul tranzistorului, precum și de polaritatea tensiunii aplicate electrozilor. Inversarea ei poate duce la distrugerea tranzistorului.

Pregătirea terminalelor tranzistoarelor pentru a fi lipite în montaj trebuie făcută ca în *fig. 51*, pentru a nu se rupe din locul de fixare în capsulă.

Pe timpul lipirii conexiunilor (cu un ciocan de 30—50 W), se va evita încălzirea prea îndelungată a tranzistorului. Se va evita astfel și exfolierea cablajului imprimat, datorită unei supraîncălziri.

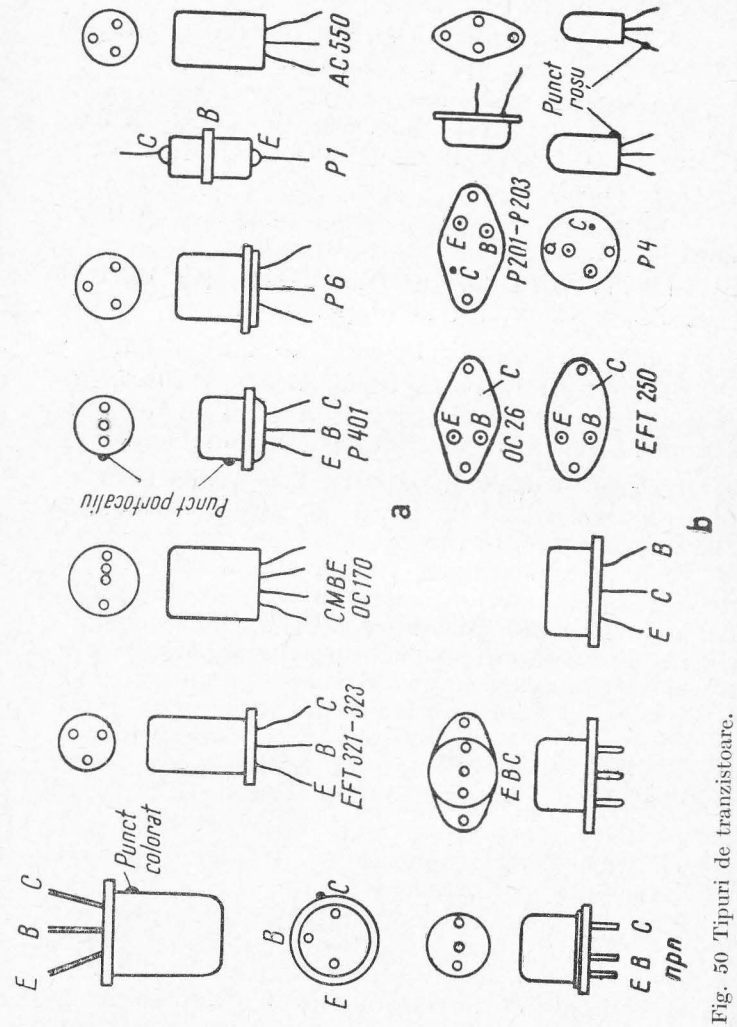
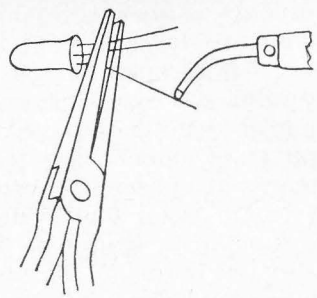


Fig. 50 Tipuri de tranzistoare.

Fig. 51 Lipirea unui tranzistor.



Pentru tranzistoare se pot confecționa și socluri asemănătoare celor folosite la tuburi, avînd bineînțeles dimensiuni corespunzătoare.

Tranzistoarele destinate etajului final în contratimp trebuie să aibă parametrii identici.

În cazul ruperii terminalelor unui tranzistor chiar de lîngă capsulă, acestea se pot lipi ținînd tranzistorul într-un pahar cu apă rece, după ce s-a cositorit mai întîi separat capătul rupt.

Tranzistorul căruia i s-a deteriorat circuitul de colector poate fi folosit totuși ca diodă, la detecție, sau ca redresor în limitele consumului maxim admis.

Tranzistoarele cu zgomot de fond exagerat pot fi montate în etajul final al unui receptor sau, practicînd prin pilire o ferestruică în peretele tranzistorului, poate fi utilizat ca fotodiodă, pentru observarea unor fenomene luminoase.

Defectele cele mai frecvente în montajele cu tranzistoare pot fi următoarele;

— întreruperea circuitului bazei face ca baza să nu primească tensiunea de polarizare, ceea ce provoacă practic lipsa de tensiune pe bază și pe emitor, iar tensiunea pe colector să crească.

— întreruperea circuitului emitorului atrage mărirea tensiunii colectorului. Tensiunea pe bază este aproape normală, iar tensiunea pe emitor este aproape egală cu tensiunea pe bază (*fig. 52*);

— întreruperea circuitului colectorului conduce la lipsa de curent în circuit. Curentul de bază I_B slab

produce o micșorare considerabilă a tensiunii pe toți electrozii tranzistorului;

— întrerupere și scurtcircuit în interiorul tranzistorului. În cazul întreruperii conexiunii bazei, tensiunea bazei este aproximativ normală, dar prin colector nu trece curent, deși tensiunea pe colector este mai mare, iar pe emitor este nulă;

— în cazul unui scurtcircuit în interiorul tranzistorului între emitor și colector, tensiunea bazei este aproape normală, tensiunile pe emitor și colector au mărime identică, iar tensiunea de polarizare a bazei este apropiată de zero sau chiar pozitivă.

Localizarea defectelor în montajele cu tranzistoare se face verificînd mai întîi piesele din etajul respectiv. Înainte de a dezlipi un tranzistor bănuit defect, trebuie măsurate tensiunea pe emitor *UE* (partea dinspre rezistența *R 3*, din *fig. II, 45*). Apoi se scurtcircuitează baza tranzistorului cu + 6 V și, în caz că tranzistorul nu este defect, *UE* ⩽ 0,1 V. În continuare, se înlocuiește *R1* prin alta cu o valoare egală cu jumătate din valoarea rezistenței *R1*.

În mod normal, *UE* trebuie să fie jumătate din tensiunea nominală. Această metodă de verificare se poate aplica la toate montajele cu baza, emitorul sau

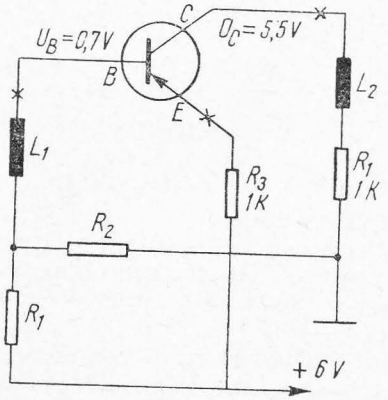
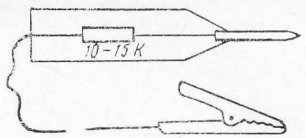


Fig. 52 Montaj cu emitorul comun.

Fig. 53 Cap de probă pentru verificări.



colectorul comun. În caz că tranzistorul se dovedește bun, cauza defectului se află la alte piese.

Modul cel mai simplu de descoperire a etajului defect într-un radioreceptor cu tranzistoare constă în atingerea montajului cu vîrful șurubelniței în diferite puncte, ca și la radioreceptoarele cu tuburi. Pocniturile care se aud pot da unele indicații asupra locului defect. Se recomandă însă construirea unui „cap de probă", ca în *fig. 53*. Se reglează volumul aparatului la maximum și se ating pe rînd diferite puncte ale etajelor cu vîrful dispozitivului, în timp ce crocodilul este legat la masă. Astfel, atingînd intrările etajelor de audiofrecvență, frecvența intermediară I și II, mixer și etajul de *RF*, se vor auzi „pocnituri" mai slabe sau mai puternice în difuzor.

În absența pocniturilor, înseamnă că etajul respectiv nu funcționează. Excepție de la această regulă face doar oscilatorul. Verificarea aceasta este orientativă, dar permite o localizare rapidă a defectelor.

Pentru o depanare sistematică, însă, sînt necesare aparate de măsurat și un generator de semnal, care produce oscilații de *RF*, *FI* și *AF*. Dacă nu dispuneți de un asemenea generator, vă puteți construi un defectoscop cu o singură frecvență, cu ajutorul căruia se poate urmări semnalul audio în toate etajele ale oricărui radioreceptor cu trei game (*US*, *UM*, *UL*) (*fig. 54*).

Piesa principală, tranzistorul *T*, poate fi de radiofrecvență și mică putere (EFT 317, EFT 319 sau P 401). Bobina *L* se realizează pe o carcasă cu miez, din circuitele de radiofrecvență sau frecvență intermediară. Ea are un număr de 20 spire din sîrmă cu diametrul 0,2—0,3 mm, izolată cu email. Priza se

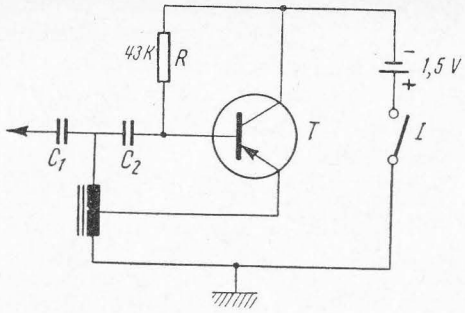


Fig. 54 Generator de semnal cu un tranzistor.

face după 10 spire. Condensatoarele C_1 au valoarea 5 ...10 nF/500 V, iar C_2: 0,05 ... 0,1 μF. Toate piesele se pot monta fie într-o cutie de lanternă cu baterie mică, de 1,5 V, păstrîndu-i întreruptorul, fie într-un tub de material plastic, cu diametrul 20 mm.

Încercarea tranzistoarelor. Trebuie menționat că există o mare varietate de aparate de amatori sau de tip industrial pentru încercarea și măsurarea dispozitivelor semiconductoare. În cele ce urmează vor fi arătate cîteva metode simple de verificare.

Încercarea tranzistoarelor cu cască. Este cea mai simplă metodă care nu necesită nici un instrument de măsurat, ci doar o cască cu rezistență de 2 000 Ω și o pilă electrică de 1,5 V. Singura condiție este ca să cunoaștem exact electrozii tranzistorului și tipul *npn* sau *pnp*.

Se realizează un montaj ca în *fig. 55*, conectînd cu ajutorul unui crocodil un fir flexibil la emitor și la o bornă a căștii. Încercarea se face în trei etape:

Firul liber al căștii legat la borna *C*, iar cu firul legat la borna *E* se atinge borna *C*. Dacă se aude o pocnitură în cască, înseamnă că circuitul căștii nu este întrerupt (*fig. 55, a*).

Se atinge cu firul liber al căștii borna *C*, firul *E* fiind legat la borna *B*. În cazul în care dioda dintre bază și colector este bună, în cască se aude o pocnitură mai slabă decît cea care s-a obținut în cazul precedent (*fig. 55, b*).

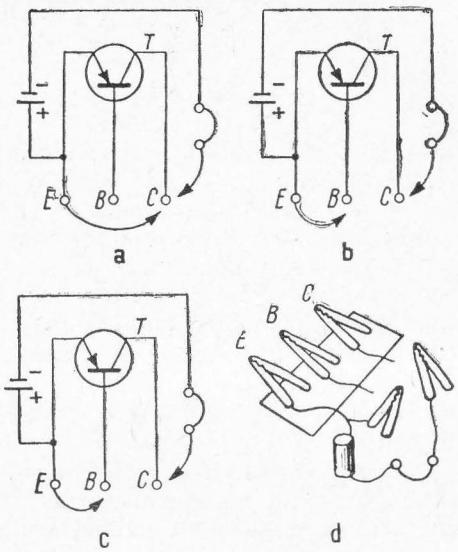


Fig. 55 Schemă pentru verificarea tranzistoarelor cu casca telefonică.

Firul liber al căștii este legat la borna *C*, iar cu firul legat la borna *E* se atinge borna *B*. Dacă tranzistorul este în stare perfectă și amplifică, se va auzi o pocnitură mai puternică decît în cazul precedent. Dacă tranzistorul prezintă scurtcircuit între bază și emitor, în cască nu se va auzi nimic. În schimb, dacă dioda dintre bază și emitor este întreruptă, se aude o pocnitură slabă (*fig. 55, c*).

Metoda de mai sus dă o primă indicație, în mare, dacă tranzistorul mai funcționează.

Încercarea tranzistoarelor tip pnp cu ohmmetrul. Se stabilește mai întîi polaritatea bornelor de ieșire ale unui ohmmetru, a cărui sursă de tensiune nu trebuie să depășească 10 volți. Se conectează borna plus a ohmmetrului la emitor și borna minus la colector, baza rămînînd liberă. În nici un caz nu se vor conecta invers bornele, deoarece se defectează tranzistorul. La un tranzistor perfect, ohmmetrul va indica o rezistență de circa 50 kΩ. Dacă indică valoarea 0,

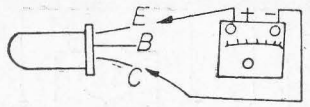


Fig. 56 Încercarea tranzistorului cu ohmmetrul.

înseamnă că există un scurt circuit între bază și colector (*fig. 56*).

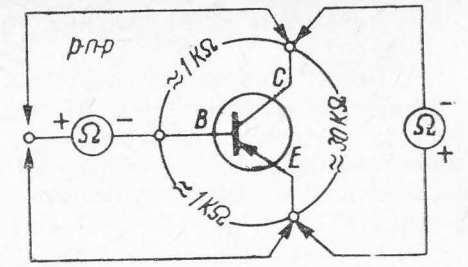
Se va conecta apoi, între colector și bază, o rezistență de 100 kΩ, și dacă ohmmetrul indică o rezistență de 5—10 kΩ, tranzistorul se poate considera bun. Cu cît este mai mică valoarea rezistenței ce măsoară ohmmetrul, cu atît mai mare este amplificarea tranzistorului. La un tranzistor defect, indicația ohmmetrului, rămîne aceeași ca în cazul măsurării fără conectarea rezistenței de 100 kΩ între colector și bază.

Identificarea tipului și conexiunilor la electrozii unui tranzistor. Cînd nu dispunem de schema unui tranzistor sau nu cunoaștem indicațiile de pe corpul lui, îi putem totuși stabili tipul și conexiunile la electrozi.

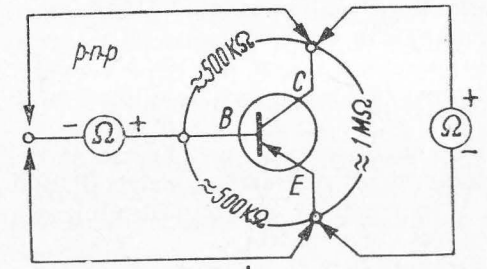
Folosind ohmmetrul, a cărui tensiune de alimentare nu trebuie să depășească 4—5 V, îl conectăm ținînd seama de polaritatea lui, ca în schema din *fig. 57, a.* Valoarea rezistenței, indicată de ohmmetru și trecută pe schemă, poate fi de cîteva sute pînă la cîteva mii de ohmi. Schimbînd polaritatea ohmmetrului, ca în *fig. 57, b*, rezistența măsurată va trebui să fie mai mare, pînă la cîteva sute de kiloohmi. În felul acesta, se identifică „baza" tranzistorului. Emitorul și colectorul se stabilesc conectînd un ohmmetru, ca în *fig. II 45, a*, între emitor și colector. Dacă ohmmetrul indică o rezistență de ordinul zecilor de kiloohmi, înseamnă că polul minus este legat la colector, iar dacă rezistența are o valoare de sute de kiloohmi, atunci la colector este legat polul plus al ohmmetrului.

Valorile rezistențelor indicate sînt aproximative, ele depinzînd de tipul tranzistorului măsurat. Măsurările prezentate mai înainte sînt valabile în cazul tranzistoarelor *pnp*. Pentru tranzistoare de tip *npn* se

Fig. 57 Schemă pentru stabilirea tipului tranzistorului și identificarea electrozilor: *a* — borna minus a ohmmetrului legată la bază; *b* — borna plus a ohmmetrului legată la bază.



a



b

va inversa polaritatea ohmmetrului. În felul acesta, se stabilește ușor și tipul tranzistorului. Conectînd polul plus al ohmmetrului la unul din electrozii tranzistorului și atingînd cu polul minus pe rînd ceilalți doi electrozi, dacă se constată rezistențe de valori mici înseamnă că tranzistorul are polul plus legat la bază și este de tip *npn*. Dacă se conectează ohmmetrul între colector și emitor, rezistența va fi mare la tranzistoare de tip *npn*, cînd polul minus este legat la colector, și mică, dacă polul plus este legat la colector, adică invers decît la tipul *pnp*.

Și acum, cîteva recomandări de care trebuie să se țină seama la montajele cu tranzistoare:

— polarizarea bazei se va face cu tensiunea indicată în catalog;

— se va ține seama de tipul tranzistorului, precum și de polaritatea tensiunii aplicate electrozilor. Inver-

sarea polarității poate produce distrugerea tranzistorului ;

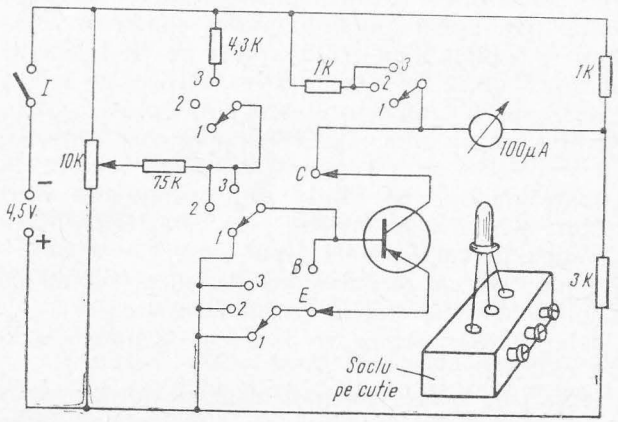
— lipirea conexiunilor se va face cu ciocanul de lipit electric scos din priză. Lipirea se va face rapid, fără să se încălzească conexiunea. În timpul lipirii, piciorușul tranzistorului se ține cu un clește cu fălci late, pentru a prelua căldura care s-ar propaga spre joncțiune ;

— tranzistoarele și montajele cu tranzistoare vor fi ferite de locurile prea calde și cîmpuri intense.

Verificator de tranzistoare. Cu cîteva piese, radioamatorul mai pretențios poate construi ușor un aparat pentru verificarea tranzistoarelor de mică putere, la parametrii mai principali : curentul inițial de colector I_{c0}, precum și amplificarea în curent β. Aparatul se compune din 6 rezistențe, a căror valoare trebuie respectată, un comutator de game 4×3 contacte și un microampermetru de 100 μA (*fig. 58*).

În poziția 1 a comutatorului, se măsoară curentul invers de colector.

În poziția 2, se plasează la zero acul microampermetrului, cu ajutorul potențiometrului de 10 kΩ, tranzistorul primind $I_c = 1$ mA și $U_c = -3{,}5$ V.



98 Fig. 58 Schema unui **betametru**

Trecînd potențiometrul în poziția 3, baza tranzistorului primește un curent mărit cu 1 μA și se măsoară direct amplificarea β, știind că factorul de amplificare în curent static $\beta = \frac{I_c}{IB}$, el fiind cuprins între valorile 5 și 60, la montajele cu emitor comun.

La tranzistoarele *npn* se va inversa sensul bateriei.

Exemplu : un tranzistor măsurat are $I_b = 25$ μA și $I_c = 1$ mA, rezultă

$$\beta = \frac{1\,000}{IB\,(\mu A)} = \frac{1\,000}{25} = 40.$$

Metode de asamblare și montaj

În practica radioamatorilor, cablajele obișnuite cu conexiuni prin conductoare (spațiale) au început să fie înlocuite cu cablaje imprimate, care prezintă multiple avantaje : reducerea greutății, miniaturizarea, creșterea siguranței în funcționare, scăderea prețului de cost, ușurința asamblării etc.

Prin cablaj imprimat, diferitele componente sînt conectate cu ajutorul unor benzi din cupru sau aluminiu avînd grosimea de circa 0,070 mm. Materialul de bază îl constituie stratificatul placat, format dintr-o folie conductoare, metalică, lipită pe un suport electroizolant, de pildă pertinaxul sau textolitul.

Pregătirea plăcii de montaj se începe cu asperizarea ei, această operație făcînd-o cu ajutorul șmirghelului cu granulație fină, după care se șterge cu spirt sau acetonă. La fel se tratează și folia de cupru. Se întinde un strat subțire de adeziv (lac de bachelită, celuloid în acetonă) pe suprafețele asperizate, după care se suprapune folia de cupru pe placa electroizolantă, presînd-o cu un fier de călcat încălzit la 100°C, pentru polimerizare.

Cînd dispunem de o placă de pertinax metalizată gata, putem trece direct la desenarea schemei de cablaj pe ea, prin copiere de pe hîrtie, cu indigo (*fig. 59, a*).

99

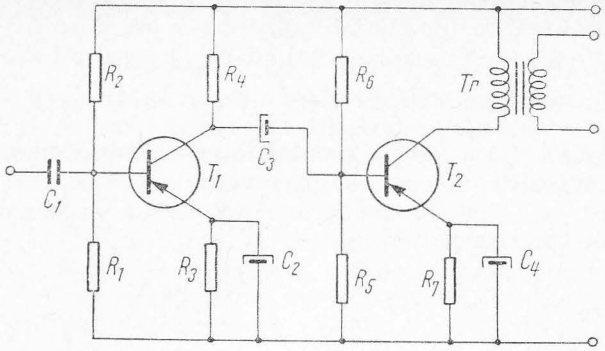


Fig. 59 Amplificator de microfon : *a* — schema ; *b* — cablajul.

Urmează găurirea în locurile marcate, cu un burghiu de 0,75 ... 1 mm diametru. Operațiunea de lăcuire a părților metalice care trebuie să rămînă, se face cu o pensulă sau un trăgător de tuș, muiat în lac de unghii, soluție de polistiren, duco sau smoală dizolvată în petrosin. Un exemplu de trasare se vede în *fig. 59, b.*

După uscarea lacului, placa este introdusă într-o tavă de material plastic și se toarnă peste ea o soluție concentrată de clorură ferică. Se agită tava și, după 10—15 minute, se scoate cu o pensetă placa cu părțile necesare necorodate. Se spală apoi cu apă multă, pentru a îndepărta soluția de clorură, care este otrăvitoare, și se usucă. Se curăță după aceea

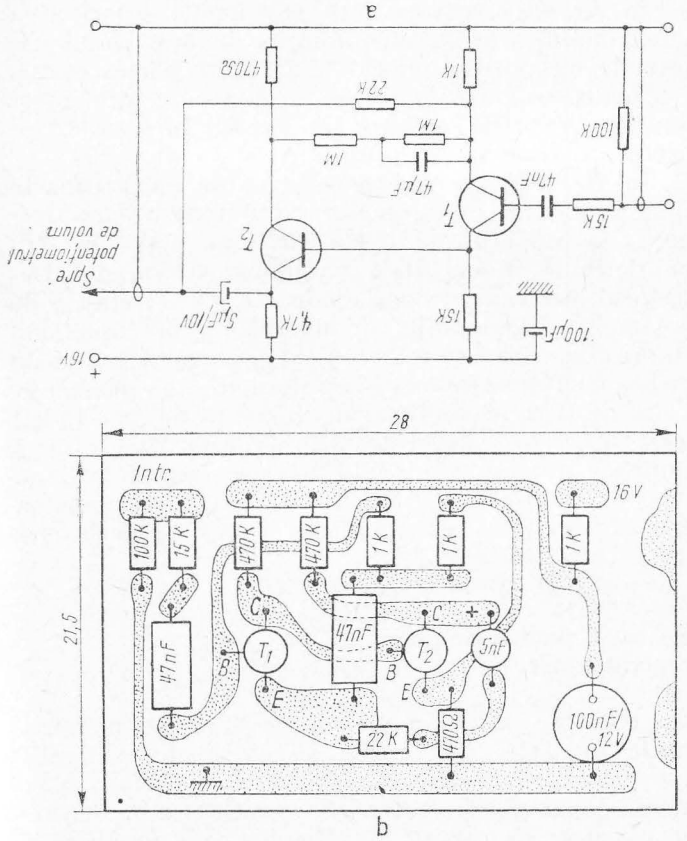


Fig. 60 Cablaj imprimat : *a* — schema ; *b* — placa cu piesele montate.

stratul de lac cu o cîrpă înmuiată în tiner sau acetonă. În lipsa clorurii ferice, se poate folosi soluție de acid clorhidric concentrat, luîndu-se 50% acid și 50% apă în care se pun 2—3 părți de perogen (comprimate, ce se găsesc la farmacii, servind pentru prepararea apei oxigenate) la 100 ml de soluție, pentru fiecare întrebuințare. Se mai poate utiliza și acid azotic diluat, ca agent corosiv al cuprului, în locul acidului clorhidric.

În *fig. 60, a* este arătată schema de principiu a unui amplificator cu microfon, iar în *b*, cablajul imprimat, cu poziția pieselor fixate pe partea opusă.

Realizarea montajului se face rapid, prin introducerea firelor de legătură ale pieselor în găurile respective și lipirea lor cu cositor.

În *fig. 61* este redată schema de cablaj, foarte simplă, a unui radioreceptor cu 6 tranzistoare, respectiv o amplificare directă cu două etaje de *RF*, un detector și trei etaje amplificatoare de *AF*. Detectorul lucrează cu două diode *D1* și *D2*; etajele de preamplificare și etajul în contratimp pot funcționa cu orice tranzistoare echivalente. Aparatului i se poate monta și o reacție negativă, formată din condensatoare de 0,01—0,03 μF și o rezistență de 10—15 kΩ, legat între secundarul transformatorului de ieșire și emitorul tranzistorului T 4. În acest caz, se îmbunătățește calitatea sunetului. Se va renunța la condensatorul care șuntează rezistența de 300 Ω de la emitorul tranzistorului T 4.

Un șasiu pentru montaje experimentale

La cercurile radio, unde cursanții experimentează multe montaje, mai există și alte metode practice folosite în locul cablajelor imprimate. Astfel, se pot monta pe o placă de textolit, găurită după schemă, în punctele de fixare ale pieselor. În aceste găuri, cu diametrul de maximum 1 mm, se presează cuie

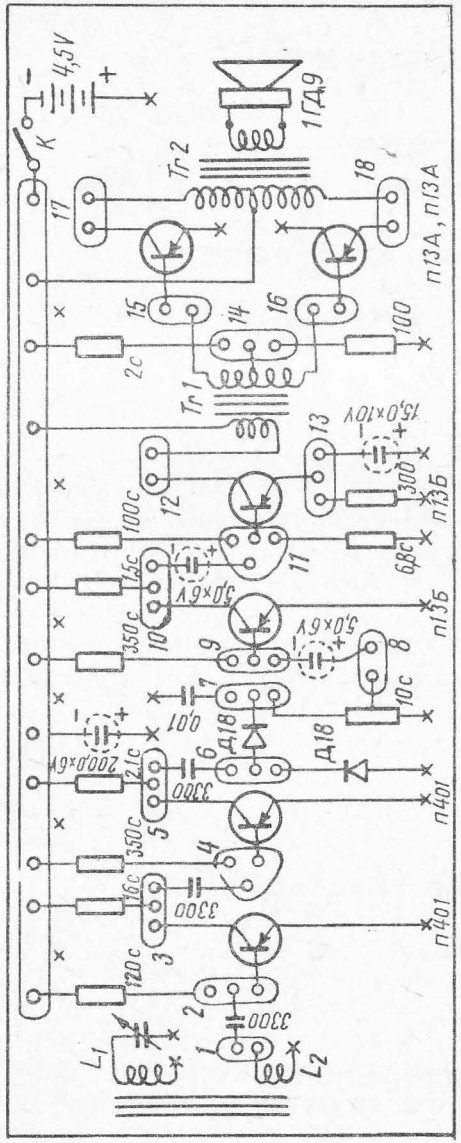


Fig. 61 Cablaj imprimat pentru un radioreceptor cu 6 tranzistoare

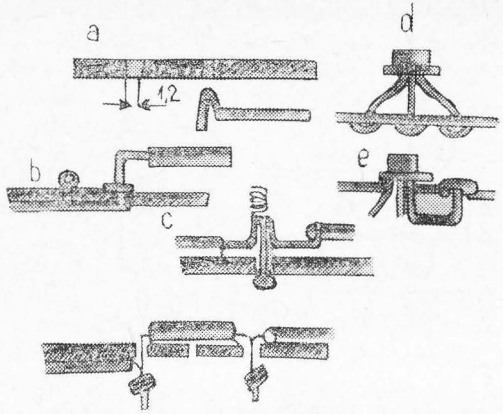


Fig. 62 Montarea tranzistoarelor.

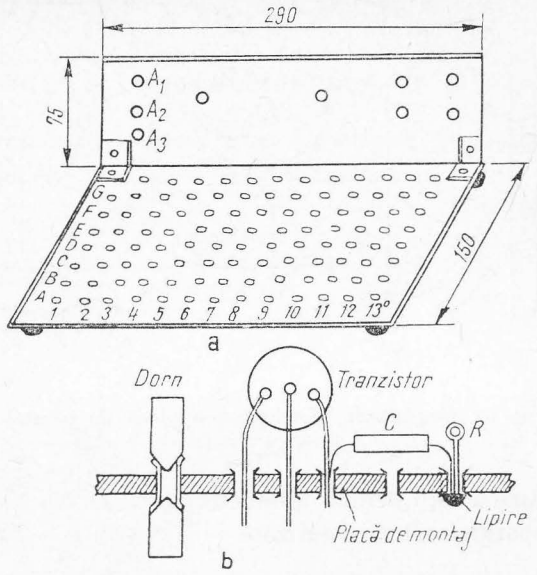
din sîrmă de cupru dezizolată, cu lungimea de 10 mm, lăsînd capete de ambele părți. Piesele se fixează pe o singură parte a plăcii, prin lipirea lor de capetele de sîrmă, iar firele de conexiuni, pe partea opusă (*fig. 62*).

Punctele de întîlnire a mai multor piese susținute de conexiuni nu se lasă în aer, ci se fixează la o cosă, prevăzută special pentru acest scop.

Placa șah

O metodă mai nouă de asamblare a pieselor în diferite variante, foarte practică și rapidă, o oferă plăcile de textolit sau pertinax perforate și notate cu litere și cifre ca la șah (*fig. 63, a*). Orificiile se însemnează cu litere de la A la H și numere de la 1—12. În șasiu se vor fixa și 96 de cose sau capse, nituite cu dornul, ca în *fig. 63, b*. Legarea pieselor este arătată în aceeași figură. Pe panoul frontal, în găurile făcute se

Fig. 63 Placa șah pentru mai multe montaje.



fixează piesele mari, condensatoarele variabile, potențiometre, întreruptoare, borne de alimentare, antena etc.

Într-un cerc de radio, în care fiecare elev posedă un asemenea șasiu și piesele necesare, un montaj poate fi experimentat simultan de către toți elevii, indicîndu-le poziția pieselor, ca la șah. Exemplu: tranzistorul T 1 se montează cu emitorul la C 5, colectorul la E 5, și baza la D 4; bobina se așază pe placa frontală; rezistența R7 la D4 și E5.

În acest mod, lucrul devine agreabil și util, dînd rezultate foarte bune și frumoase.

În *fig. 64* se vede modul cum se așază piesele pe placă, în vederea stabilirii locului de lipire, la un montaj al unui radioreceptor cu un tranzistor, cu audiție în cască. Se pot executa în continuare tot felul de montaje, oricît de complicate.

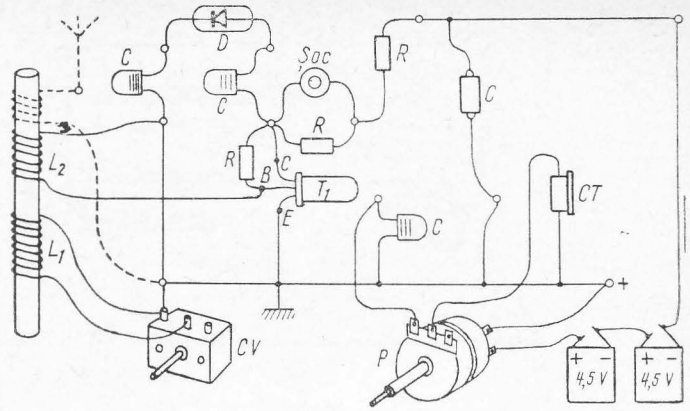


Fig. 64 Amplasarea pieselor pe o placă de montaj.

Redresoare pentru alimentarea aparatelor tranzistorizate

Radioreceptoarele pot fi alimentate nu numai de la baterie sau acumulatoare, ci şi direct de la un redresor construit în acest scop.

Un montaj simplu pentru încărcarea acumulatoarelor miniatură se vede în *fig. 65, a.*

Pentru alimentarea aparaturii tranzistorizate se foloseşte un montaj cu filtru, ca în *fig. 65, b.*

În *fig. 65, c* este dată o schemă cu două diode Zener, pentru obţinerea unei tensiuni stabilizate.

Bateriile uscate pot fi regenerate, în cazul că au zincul intact, cu ajutorul unui redresor care livrează un curent pulsatoriu nesimetric (*fig. 65, d*).

Becul de 3,5 V, montat în serie cu bateria, limitează curentul la începutul încărcării, iar către sfîrşitul încărcării, lumina lui slăbeşte, apoi se stinge complet, indicînd că bateria şi-a revenit. Se poate încărca orice tip de element galvanic, astfel : bateriile de 4,5 V se pun pe priza de 7,5 V, iar cele de 1,5 V la priza de 3,5 V, conectate cîte trei în paralel. Bateriile de 9 V se regenerează la priza de 13 V, în serie cu un bec de 6 V — 0,3 A.

Transformatorul folosit este de tipul „sonerie" (3—5— 8 V) sau unul special construit.

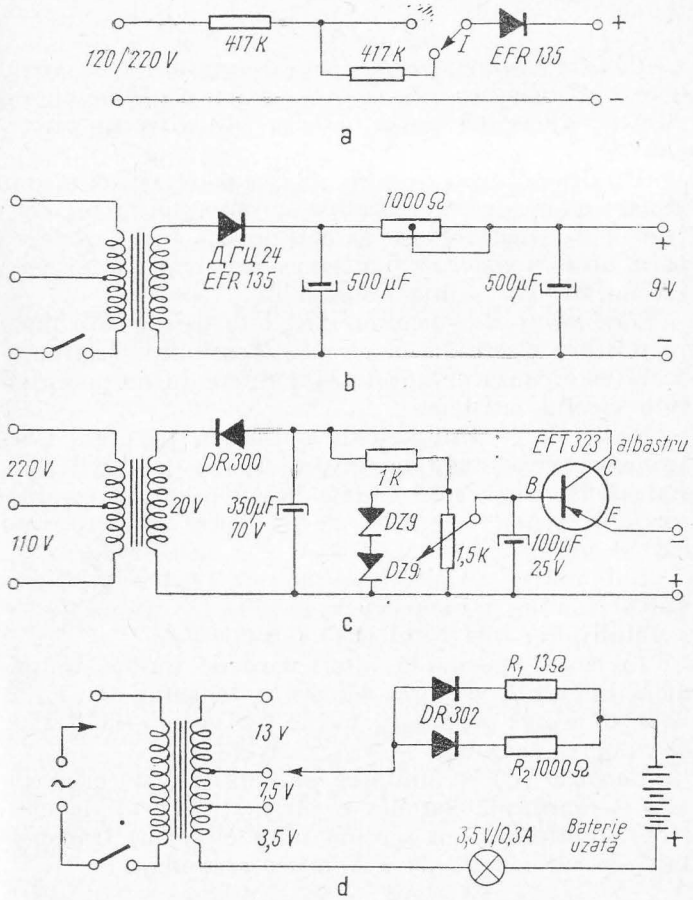


Fig. 65 Alimentatoare pentru montaje cu tranzistoare.

VII. DATE INFORMATIVE GENERALE

Unități de măsură uzuale. Din cele arătate, s-au văzut care sînt condițiile necesare pentru a obține curent electric. O primă condiție cere să existe un circuit electric.

Un drum închis de-a lungul căruia circulă electronii și care cuprinde un generator se numește circuit electric. Un generator se caracterizează prin mărimea *tensiunii electromotoare* și mărimea rezistenței interioare, iar un *receptor* prin rezistența lui.

Tensiunea electromotoare (E) este cauza care pune în mișcare electronii în circuit. Tensiunea electromotoare este cauza curentului, iar diferența de potențial este efectul acesteia.

Volt (V) — Unitatea de măsură a tensiunii electromotoare (E) sau a diferenței de potențial (U). Este tensiunea electrică de-a lungul unui fir conductor, cu rezistența electrică de 1 Ω, prin care trece un curent cu intensitatea de 1 A.

Submultiplii: milivoltul (mV)=1/1 000 V și microvoltul (μV) = 1/1 000 000 V.

Multiplii: kilovoltul (kV) = 1 000 V.

În cazul tensiunilor alternative de formă sinusoidală, intervine valoarea eficace a tensiunii — $V_{ef} = 0{,}707\ V_{max}$; valoarea medie — $V_{med} = 0{,}637\ V_{max}$ și valoarea maximă — $V_{max} = 1{,}414\ V_{ef}$.

Coulomb (C) — unitatea de cantitate de electricitate — reprezintă sarcina electrică (numărul de electroni multiplicat cu sarcina unui electron) transportată de un curent de 1 A într-o secundă.

$$C = I \cdot t.$$

Un coulomb pe secundă este egal cu un amper (A), iar 3 600 coulombi × 1 A = 1 amper-oră.

Amper (A) — unitatea de măsură a intensității curentului electric — este intensitatea curentului electric care, trecînd printr-o soluție de azotat de argint, determină depunerea, într-o secundă, a 1,118 mg argint, la catodul voltametrului.

Amperul este o unitate de intensitate de curent.

Submultiplii: miliampermetrul (mA) = 1/1 000 A și microamperul (μA) = 1/1 000 000 A.

Ohm (Ω) — unitatea de măsură a rezistenței — este rezistența la 0° opusă la trecerea curentului de o coloană de mercur cu secțiunea de 1 mm² și lungimea de 106,3 cm.

Rezistența electrică R a unui fir cu lungimea l de 1 m și secțiunea s de 1 mm², la temperatura de 20°C, se numește „rezistivitate" și se notează cu ρ (ro).

$$R(\Omega) = \frac{\rho \cdot l(m)}{s(mm^2)};\quad l(m) = \frac{R_\Omega \cdot s(mm^2)}{\rho};\quad s = \frac{\rho \cdot l(m)}{R(\Omega)} = \frac{R_\Omega\, s(mm^2)}{l(m)}.$$

Coeficientul ρ reprezintă rezistența specifică, aceasta diferind după metal și temperatură. La 20°C, cuprul are ρ = 0,175, fierul 0,1 ... 0,2, nichelina 0,42, aceste cifre reprezentînd rezistența în ohmi a unui conductor de 1 m lungime și 1 mm² secțiune.

Secțiunea (S) a unui conductor rotund este egală cu πr^2 sau $\frac{\pi d^2}{4}$.

Submultiplii ohmului: miliohmul (mΩ) = 1/1 000 Ω și microohmul ($\mu\Omega$) = 1/1 000 000 Ω.

Multiplii ohmului: kiloohmul (kΩ) = 1 000 Ω și megohmul (MΩ) = 1 000 000 Ω.

Valoarea rezistenței echivalente este dată de formula:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3.$$

Valoarea a două rezistențe legate în paralel este:

$$R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2},$$

iar în cazul mai multor rezistențe:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

sau:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}.$$

Pentru ușurarea calculului, în cazul a două rezistențe legate în paralel, se va utiliza nomograma din *fig. 66*. De exemplu: care este rezistența totală a două rezistențe legate în paralel, una de 80 Ω și alta de 40 Ω. Rezultă din unirea celor două puncte printr-o linie întreruptă și locul de întretăiere cu linia (CR) indică valoarea $R_t = 26\ \Omega$.

Legea lui Ohm este legea de bază în electrotehnică și radiotehnică. Ea se poate exprima astfel: curentul, într-un circuit, este direct proporțional cu tensiunea și invers proporțional cu rezistența opusă.

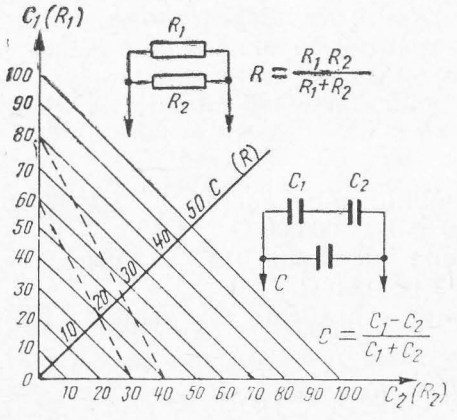
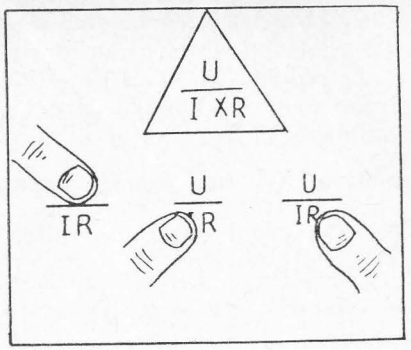


Fig. 66 Nomogramă pentru calculul valorii rezistențelor și a condensatoarelor legate serie și paralel.

Fig. 67 Legea lui Ohm.



Acesta se poate scrie sub trei forme:

$$I = \frac{U}{R};\ U = RI;\ R = \frac{U}{I},$$

în care I este curentul în circuit, în amperi;
U — tensiunile la bornele circuitului, în volți;
R — rezistența circuitului, în ohmi (Ω).

O formulă generală, practică și ușor de memorat, din care se vede că pentru a găsi valoarea necunoscută se acoperă litera respectivă, este dată în *fig. 67*.

Exemplu de calcul:

Într-un radioreceptor cu alimentare universală, ce cuprinde 6 tuburi și un bec de scală, ale căror filamente legate în serie necesită 106 V și un curent de 0,3 A, se cere să se calculeze rezistența adițională pentru 220 V și puterea ei.

$$R = \frac{U - U_{\text{filament}}}{I_{\text{filament}}} = \frac{220 - 116}{0{,}3} = 380\ \Omega$$

$$P = RI^2 = 380 \cdot 0{,}3^2 = 35\ \text{W}.$$

Legile lui Kirchhoff sînt cazuri particulare derivate din legea lui Ohm.

1. Suma intensităților curenților ce intră într-un punct este egală cu suma intensităților ce ies din acel punct. $\Sigma I = 0$.

2. La orice circuit, suma tensiunilor electromotoare este egală cu suma căderilor de tensiune. $\Sigma E = \Sigma IR$.

Impedanța (Z) — întrunește toate rezistențele unui circuit prin care circulă curent alternativ: este efectul combinat al rezistenței ohmice R, al reactanței inductive X_L, sau $L\omega$, și capacitive X_C, sau $\frac{1}{C\omega}$.

Deci, în cazul curentului alternativ, termenul R va fi înlocuit cu

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L - \frac{1}{C}\right)^2}$$

Joule (J) — unitatea de măsură pentru energie și lucrul mecanic pe care-l face într-o secundă un curent electric de 1 A sau 1 C, care se scurge sub o tensiune de un volt. Un Joule se mai numește și Watt-secundă.

$$W/sec(\text{jouli}) = E_v \cdot I_a \cdot t/\text{sec}$$

Multiplu: kilowatt-ora (kwh) = 3 600 000 W_s

Watt (W) — unitate de putere — este egală cu puterea care dezvoltă în mod uniform o energie de 1 J/s. Este *t. e. m.* de 1 V care produce un curent de 1 A.

$$P_W = E_V \cdot I_A$$

Submultiplii: miliwatul (mW) = 1/1 000 W și microwatul (μW) = 1/1 000 000 W.

Multiplii: hectowatul (hW) = 100 W; kilowatul (kW) = 1 000 W; megawatul (MW) = 1 000 000 W

1 kW = 1,36 cai putere (CP)
1 CP = 736 W = 75 kgm/s.

Volt-amper (VA) — unitatea de măsură a puterii aparente — este egală cu produsul dintre 1 V și 1 A. VAR este unitatea de măsură a puterii reactive. Puterea în curent alternativ monofazat este dată de relația:

$$P_W = E_V \cdot I_A \cdot \cos\varphi.$$

În cazul sistemului trifazic, relația devine:

$$P_W = EI \cos\varphi \sqrt{3}$$

Termenul cos Φ este factorul de putere:

$$\cos\varphi = \frac{W}{E \cdot I}$$

Relația care există în calcule între curent, tensiune și putere sînt redate în formulele din tabela III.

Farad (F) — unitatea de capacitate electrică — este capacitatea unui condensator care, sub o tensiune de 1 V între armăturile lui, se încarcă cu o sarcină de 1 C.

$$F = \frac{\text{coulomb}}{\text{volt}}$$

Submultiplii: microfaradul (μF) = 1/1 000 000 F; milimicrofaradul (mμF) sau nanofaradul (nF) — miliardimea de farad (10^{-9} F) și picofaradul (pF) sau micromicrofaradul ($\mu\mu$F) = 1/1 000 000 F = 10^{-12} F. Între μF, pF, cm și nF există următoarele relații:

1 μF = 1 000 nF = 1 000 000 pF = 900 000 cm;
1 $\mu\mu$F = 1 pF; 1 nF = 1 000 pF = 1 mμF.

Valoarea capacității condensatoarelor legate în paralel este egală cu suma capacităților:

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 \text{ etc.}$$

Valoarea capacității a două condensatoare legate în serie este dată de formula:

$$C_t = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Pentru un calcul mai rapid, se poate utiliza nomograma din *fig. 66*, ca și în cazul rezistențelor legate în paralel.

În cazul mai multor condensatoare legate în serie, capacitatea totală este:

TABELA III

LEGEA LUI OHM ȘI LEGEA PUTERII ÎN CURENT CONTINUU

U — volți (V)		I — amperi (A)	
U	1V = 1 000 mV = $= 10^6$ μV 1 mV = 0,001 V	I	1 A = 1 000 mA = $= 10^6$ 1 mA = 10^{-3} A = $= 0{,}001$ A
$U = IR$	$V = A \cdot \Omega =$ $= mA \cdot K\Omega$; $mV = A \cdot k = mA$	$I = \frac{U}{R}$	$A = V/\Omega$; $mA =$ $= V/K\Omega =$ $= mV/\Omega$; $\mu A =$ $= V/M\Omega$
$U = \frac{P}{I}$	$V = \frac{W}{A} = \frac{mW}{mA}$; $mV = \frac{\mu W}{mA}$	$I = \frac{P}{U}$	$A = W/V$ $mA = MW/V =$ $= \mu W/mV$
$U = \sqrt{PR}$	$V = \sqrt{W\Omega}$; $mV = 10^{-3}\sqrt{W \cdot \Omega}$	$I = \frac{P}{R}$	$A = \sqrt{W/\Omega}$ $mA = 10^{-3}\sqrt{\frac{W}{\Omega}}$
R — ohmi (Ω)		P — watt (W)	
R	1 000 Ω = 1 KΩ 1 000 KΩ = 1MΩ 10^6 Ω = 1MΩ	P	1 000 W = 1 Kw 1W = 10^{-3} kW
$R = \frac{U}{I}$	$\Omega = V/A$; $K\Omega = V/mA$; $M\Omega = V/\mu A$	$P = UI$	$W = VA$; $mW = V \cdot mA$
$R = \frac{U^2}{P}$	$\Omega = V^2W$; $K\Omega = V^2/1\,000W$; $M\Omega = V^2/10^6.W$	$P = \frac{U^2}{R}$	$W = V^2/\Omega$ $\mu W = V^2/M\Omega =$ $= mV^2/10^3$ KΩ
$R = \frac{P}{I^2}$	$\Omega = W/A^2$; $K\Omega = 1\,000 \cdot$ $\cdot W/mA^2$; $M\Omega = W/mA^2$	$P = I^2R$	$W = A^2\Omega$ $W = mA^2 \cdot K\Omega /$ $1\,000 = mA^2 \cdot M\Omega$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \text{ sau : } C_t = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

Henry (H) — unitatea de inductanță — este inductanța unui circuit în care o variație continuă de 1 A/s a curentului produce o t. e. m. de inducție de 1 V.

Submultiplii : milihenryul (mH) = 1/1 000 H ; microhenryul (μH) = 1/1 000 000 H ; micromicrohenryul (μμH) = 1/1 000 000 H.

$$1H = 10^3\ mH = 10^6\ \mu H = 10^9\ \mu\mu H.$$

Valoarea inductanței bobinelor legate în serie este egală cu suma inductanțelor :

$$L_t = L_1 + L_2 + L_3 + \text{etc.}$$

Valoarea inductanței a două bobine legate în paralel este dată de formula :

$$L_t = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

În cazul mai multor bobine legate în paralel, formula devine :

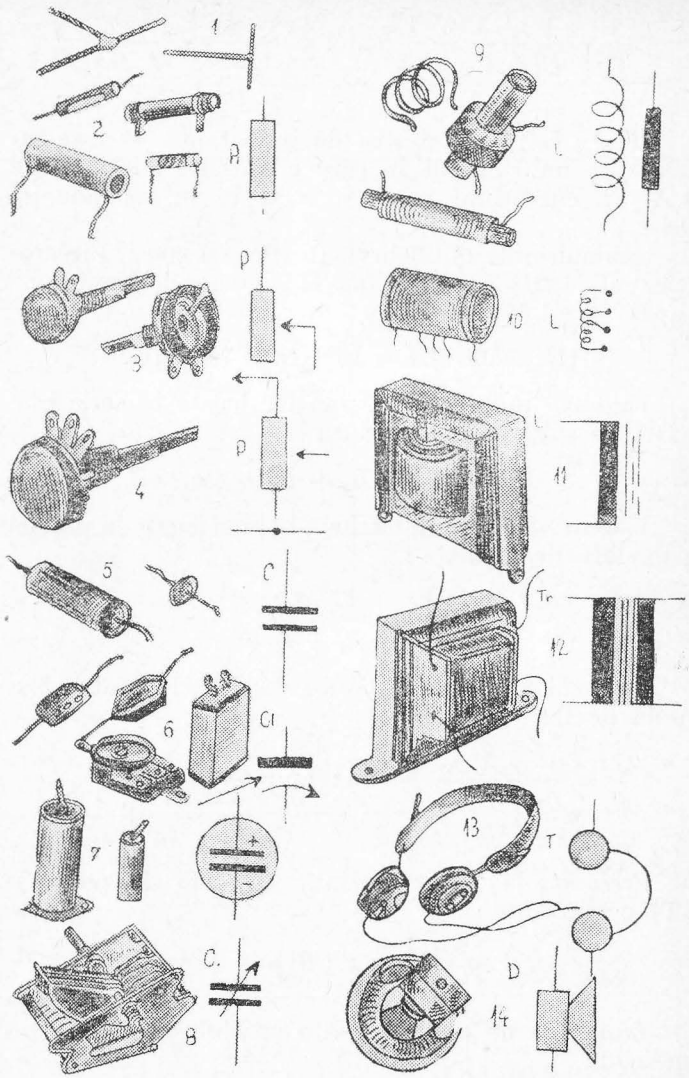
$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \text{ sau : } L_t = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}}.$$

Frecvența (f) — reprezintă numărul de perioade (T) pe secundă :

$$f = \frac{1}{T} \text{ sau : } T = \frac{1}{f}$$

Lungimea de undă (λ) este spațiul parcurs într-o perioadă

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ și } f = \frac{c}{\lambda};\ c = \text{viteza luminii} — 300\,000 \text{ km/s}.$$



←Fig. 68 Piese radio și simbolurile lor : 1 — conductoare lipite ; 2 — rezistoare chimice cu rezistență fixă ; 3 — potențiometre ; 4 — potențiometru cu 3 contacte ; 5 — condensatoare fixe ; 6 — trimer ; 7 — condensator electrolitic ; 8 — condensator variabil ; 9 — bobine în aer și cu carcasă ; 10 — bobină cu un singur strat ; 11 — bobină cu miez ; 12 — transformator ; 13 — cască telefonică ; 14 — difuzor.

Decibel (*dB*) — este unitatea care exprimă prin logaritm zecimal raportul a două valori ale aceleiași mărimi. Dacă mărimea este puterea, atunci pentru calcule se folosește relația :

$$N_{db} = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}$$

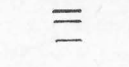
Dacă mărimea considerată este tensiune, curent, presiune, se folosește unitatea reper (*N*), asemănătoare cu decibelul

$$N_{neperi} = 20 \lg \frac{A_2}{A_1}; \quad 1 \text{ Neper} = 8{,}686 \text{ db.}$$

Simboluri folosite în radiotehnică

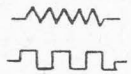
Pentru că în paginile ce urmează se întîlnesc scheme radio al căror conținut trebuie citit și executat în practică, redăm în *fig. 68* cele mai des întîlnite desene și simboluri ale pieselor care intră în componența montajelor radio.

Mai departe, în *fig. 69*, sînt reprezentate simbolurile uzuale din radioelectronică.

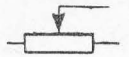


Curent continuu

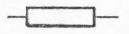
Curent alternativ AF și RF



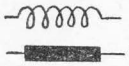
Rezistență bobinată



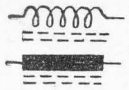
Potențiometru



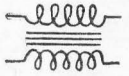
Rezistență chimică



Inductanță

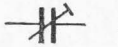


Bobină cu miez de ferocart



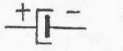
Transformator cu miez de fier

Condensator



Trimer

Condensator variabil



Condensator electrolitic

Antenă de emisie și de recepție

Legătură la pământ

Legătură la masă și ecranare

Element galvanic

Microfon

Difuzor

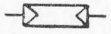
Conector

Doză de picup

Diodă semiconductoare redresor

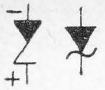
Tranzistor

Fotodiodă



Fotorezistență

Tiristor



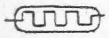
Diodă zener

Diodă tunel

Diodă varicap

Tub ionic

Fotocelulă



Tub regulator cu ferohidrogen

Tub electronic (triodă)

Tiratron

Pentodă

Hexodă

Dublă diodă

Instrument de măsurat

Voltmetru

Ampermetru

VIII. PRACTICA MONTAJELOR

Utilarea laboratorului radio-amatorului se face, în primul rînd, prin procurarea unei mese de lucru al cărei model ar putea fi asemănător celui din *fig. 70*. De asemenea, sînt necesare dulapuri pentru păstrarea pieselor și sculelor.

Pe lîngă o serie de materiale mărunte (banane, cleme, coliere, rezistoare, bobine, condensatoare etc.), arătate în *fig. 71*, mai sînt necesare, pentru executarea diverselor lucrări de atelier și montaje radio un minim strict necesar de unele.

Lucrările mecanice intervin des atît în construcții, cît și la depanări radio, implicînd folosirea frecventă

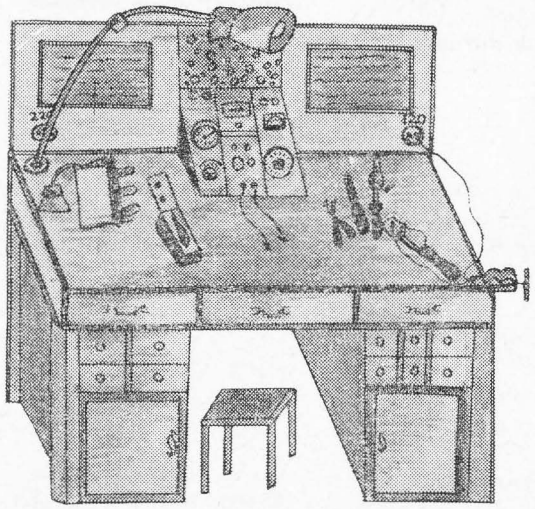


Fig. 70 Model de masă de lucru în laborator.

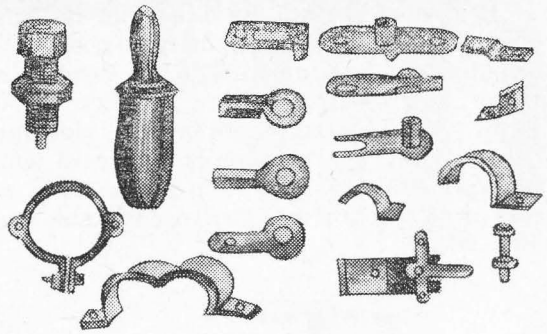


Fig. 71 Piese mărunte pentru montaj.

a sculelor prezentate în *fig. 72*. Ele se păstrează în ordine, pe panouri, în rafturi sau în sertarele mesei de lucru.

În afară de cele prezentate în figură, menționăm ca fiind tot atît de necesare: o mașină de bobinat, suport pentru ciocanul de lipit, triplu ștecher, lampa reflectoare de masă, lampă cu alcool etc. De asemenea, laboratorul radio trebuie să mai posede materiale pentru conexiuni ca: tub izolator, sîrmă izolată, pastă decapantă etc.

În paginile următoare, se dau cîteva îndrumări privind efectuarea unor lucrări mecanice pregătitoare montajelor radio și se descrie confecționarea unor dispozitive în acest scop.

Prelucrarea mecanică

Piesele care intră în componența unui aparat radio trebuie montate pe un suport fizic numit „șasiu", care, de cele mai multe ori, se confecționează din tablă de aluminiu, zinc sau fier.

Alteori, radioamatorul este pus în situația să execute lucrări din materiale plastice, sticlă, lemn și diferite metale.

Pentru efectuarea lucrărilor de lăcătușerie, prima operație este *măsurarea*, în care scop este nevoie de următoarele instrumente de măsurat: linii gradate, șubler, micrometru, calibre de filet, raportor, echer, colțar etc. Urmează apoi *trasajul* locului ocupat de fiecare piesă, pentru care se utilizează acul de trasat, *trasorul paralel*, *compasul cu vîrf metalic*, *placa de trasare* și *punctatorul cu vîrf* ascuțit sub un unghi de 40°—60°.

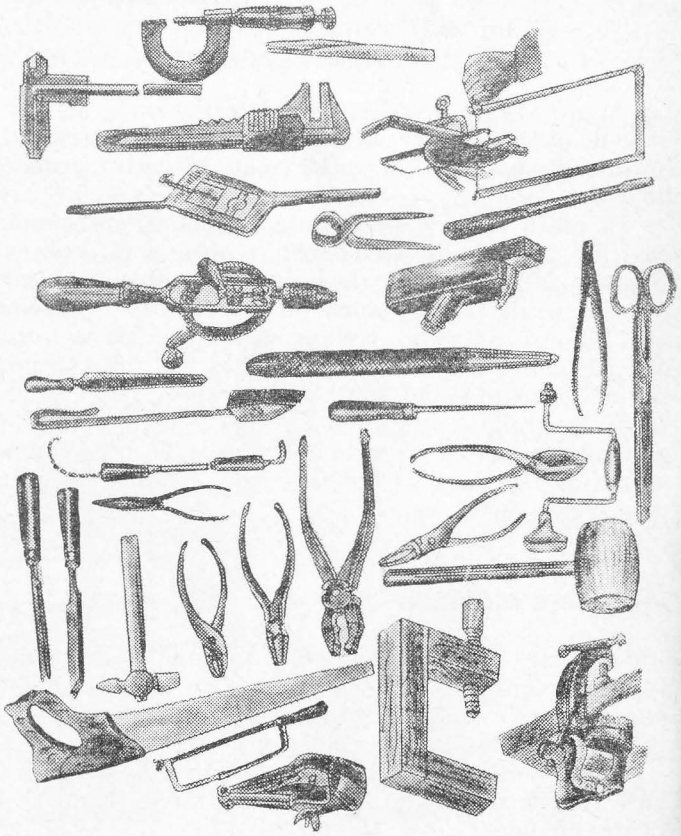


Fig. 72 Scule necesare la montaje radio.

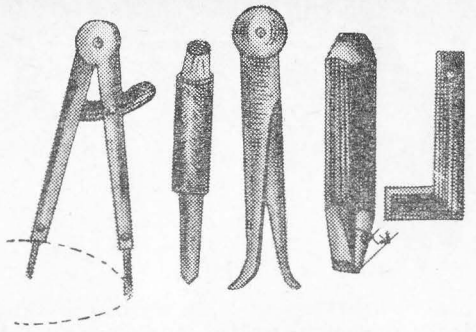


Fig. 73 Scule pentru măsurare, trasare și punctare.

Pentru măsurare, trasare și punctare se utilizează atît sculele indicate mai sus, cît și cele din *fig. 73*.

Decuparea orificiilor mari într-o placă de tablă se face fie cu dalta, prin lovituri puternice de ciocan, urmînd conturul trasat, fie, în cazul unei găuri avînd diametrul cuprins între 25 și 100 mm, necesare fixării soclurilor tuburilor electronice, cu ajutorul unui dispozitiv care se confecționează ca în *fig. 74*. Cuțitul este de oțel. Dispozitivul poate fi folosit numai cu mașini de găurit manuale, de tip coarbă, și se ro-

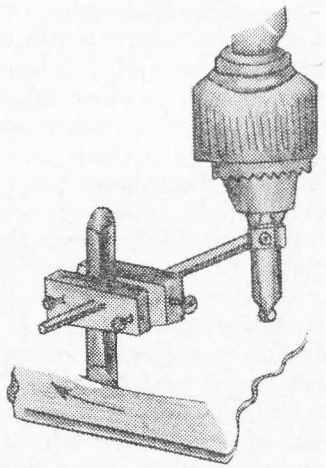


Fig. 74 Cuțit pentru decuparea orificiilor circulare.

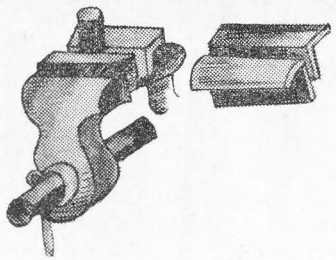


Fig. 75 Menghină.

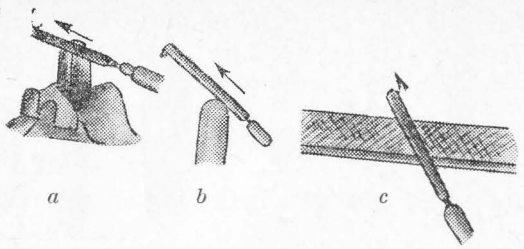
teşte în sensul arătat, apăsînd cu mîna pe scula tăietoare. Cu acest dispozitiv, se poate tăia uşor tablă de fier, pînă la 0,8 mm grosime, aluminiu, cupru, ebonită şi pertinax. Se mai pot tăia găuri în tablă de aluminiu moale, de 1 ... 1,5 mm destul de comod, cu ferăstrăul de traforaj.

Pilirea se face prinzînd piesa într-o menghină. Pentru prelucrarea brută se folosesc fălcile randalinate ale menghinei, însă pentru piesele mici sau care se pot deforma şi deteriora se aplică fălci executate din metale moi, de exemplu din cupru, aluminiu sau plumb (*fig. 75*). Aceste fălci servesc şi la protejarea bacurilor principale ale menghinei faţă de acţiunea pilei şi chiar pentru a proteja pila. După dimensiuni şi formă, pilele pot fi: bastarde, fine şi dublu fine.

Pentru metale dure se foloseşte dantura încrucişată, iar pentru metalele moi — cea simplă. Raşpelul poate avea dinţi scurţi, mari, piramidali sau în eşichier. Ca regulă generală, pila trebuie deplasată numai în sensul ei axial, iar nu oblic, fiindcă se rupe suprafaţa piesei. Porţiunile rotunjite se vor pili întotdeauna în sensul transversal şi, numai la finisare, ele se pilesc longitudinal (*fig. 76, a, b*).

În timpul pilirii, se schimbă sensul de pilire pentru a observa porţiunile prelucrate mai clar (*fig. 76, c*). Pilirea brută se face numai cu pile bastarde. Se va evita pilirea metalelor moi ca plumbul, aluminiul, staniul şi aliajelor acestora cu pile fine. Porţiunile călite nu se pilesc, ci se polizează. Pilele noi se folo-

Fig. 76 Metode de pilire.



a *b* *c*

sesc la început pentru pilirea alamei, cuprului şi aluminiului, iar cele mai vechi pentru oţel. Curăţirea danturii îmbîcsite a pilelor se va face cu o perie de sîrmă.

Găurirea metalelor şi a materialelor izolante se face numai cu burghie spirale şi numai pentru orificii foarte mici (de la 0,05 ... 0,2 mm se folosesc burghie late — *fig. 77, a, b*). Ascuţirea burghielor spirale trebuie făcută sub un unghi mai obtuz pentru găurirea metalelor şi mai ascuţit pentru găurirea lemnului. Unghiul pentru majoritatea metalelor poate fi de 120°, pentru alamă şi aliaje de aluminiu de 130°, iar pentru cupru — 125° şi aluminiu — 140° (*fig. 77, c*). Pentru găurirea materialelor izolante neceramice se folosesc burghie speciale, avînd unghiul α de 50°, iar înclinarea şanţului faţă de axa longitudinală de 15°. Găurile cu diametre mai mari de 8 pînă la 15 mm, se fac în două etape: se găureşte mai întîi cu un burghiu de 3 ... 5 mm şi apoi cu burghiul corespunzător. Sub piesa de găurit, se pune un suport din lemn de esenţă tare. Maşina de găurit trebuie ţinută perfect perpendicular, pentru a asigura precizia găurilor. În acest scop, se foloseşte firul de plumb. Iată cîteva diametre standardizate pentru găuri: şuruburi radio — 3 mm; potenţiometre — 10 mm; condensatoare electrolitice cu şurub — 20 mm; axe de comutatoare, potenţiometre etc. — 6 mm. Şpanul (gradul) din partea opusă a găurii se îndepărtează cu ajutorul unui burghiu de două ori mai mare ca diametru ca cel folosit la găurire. Pentru orificiile la care se cere

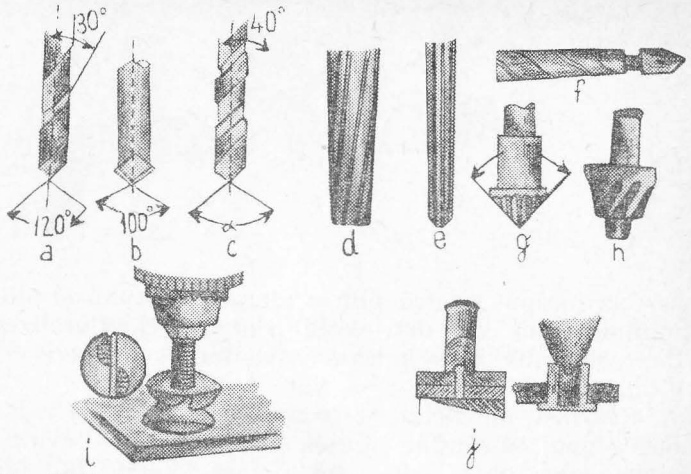


Fig. 77 Scule pentru găurirea metalelor.

precizia diametrului și finețea pereților este necesară *alezarea*, după ce, în prealabil, s-a făcut un orificiu cu 0,1—0,2 mm mai mic decît cel necesar. Alezoarele pot fi manuale sau mecanice, adaptate pentru a fi fixate în mașina de găurit. Există alezoare drepte și conice, ultimele servind pentru alezarea orificiilor în care se introduc știfturi conice (*fig. 77, d, e*). La adîncirea orificiilor se folosesc *adîncitoare* late, spirale sau cilindrice (*fig. 77, f, g, h*). În cazul cînd este necesar să practicați o gaură de dimensiune mai mare, într-o placă de lemn, placaj, pertinax sau chiar aluminiu și nu dispuneți de un burghiu cu diametrul corespunzător, se poate folosi un șurub cu cap semirotund căruia i se „teșește" capul cu o pilă, de o parte și de alta a șlițului (*fig. 77, i*). Șurubul prins în mandrina unei mașini de găurit va găuri perfect materialul.

În timpul găuririi, se folosesc lichide de răcire: pentru oțelul dur se utilizează terebentină, amestec de apă cu săpun sau ulei de in fiert; pentru cupru — ulei de in fiert; pentru oțel moale — apă cu săpun

sau soluție diluată de carbonat de sodiu; pentru metalele moi, ca aluminiul, se utilizează petrol; pentru fontă și bronz se utilizează o emulsie, iar la alamă nu este nevoie de nici un lichid de răcire.

După ascuțire, burghiul se cufundă imediat în ceară roșie, pentru călire.

Nituirea servește la îmbinarea tablelor sau a pieselor late și poate fi înecată sau la suprafață. Nituirea înecată se folosește în cazul plăcilor groase. Niturile uzuale pot fi cu cap semirotund, conic sau cap lat, sau tubulare. Nitul se introduce într-un orificiu găurit la diametrul corespunzător, adîncindu-i marginile exterioare cu un adîncitor, dacă nituirea se face înecată. Partea proeminentă a nitului, care nu trebuie să depășească 1—1,5 diametrul orificiului ce urmează a fi nituit, se nituiește cu ajutorul unui căpuitor (buterolă) (*fig. 77, j*).

Filetarea în lucrările de radio se face exclusiv cu sistemul de filet metric. Filetul interior la piulițe se execută cu ajutorul tarozilor. Pentru filetul fin, tarozii au partea de degroșare alungită. La materialele dure, operația de filetare se face în trei etape, folosind un tarod brut, apoi unul semifin și, la urmă, un tarod fin, fiecare avînd marcat pe coadă, pentru recunoaștere, o cifră sau inele corespunzătoare numărului gradului de finețe. Trebuie ținut seamă ca diametrul orificiului pentru filet se va da cu un burghiu avînd diametrul mai mic decît diametrul interior al filetului dorit. De exemplu, pentru un diametru exterior al filetului de 1 mm, se va da o gaură cu un burghiu de 0,75—0,8 mm; pentru 3,5 mm—cu 2,9 mm etc.

Tarodul pentru filetul interior se fixează într-o clupă cu orificiu pătrat sau cu bacuri de prindere, apoi se face o rotație completă înainte, o jumătate de rotație înapoi, apoi se repetă operația.

Filetul exterior se execută pe tije cu ajutorul unei filiere de un diametru interior egal cu diametrul exterior al filetului. Și la filetare trebuie să se utilizeze substanțe de ungere ca la găurire, în general vaselină

sau ulei de mașină sau grăsimi animale. La alamă se va folosi apă cu săpun iar la aluminiu — petrol.

Confecționarea suportului sau a șasiului se face de obicei din tablă de aluminiu, fier sau zinc cu grosimea de 1—2 mm. Se stabilesc dimensiunile șasiului, funcție de numărul și mărimea pieselor ce trebuie montate pe el. În prealabil, se va marca pe o foaie de hîrtie, de dimensiunile șasiului, modul de amplasare al pieselor alese și verificate.

Este bine ca marcarea să se facă la mărimea naturală a pieselor, ținînd cont că toate piesele trebuie să fie ușor accesibile pentru verificări și reparații, iar conductoarele de legătură să fie cît mai scurte, pentru a nu da loc la cuplaje parazite între circuite.

Mai înainte de aplicarea desenului de pe hîrtie pe placa de aluminiu, se trasează pe tablă, cu un creion negru, moale, liniile după care urmează să fie îndoită aceasta. Șasiul poate fi construit îndoind numai două laturi, avînd deci o secțiune transversală în formă de U întors sau cu toate patru laturile îndoite și consolidate cu bucăți de tablă decupate ca în *fig.* 78, *a*, *b*. Se trasează apoi pe placa orizontală și frontală locul pieselor, transpunînd desenul de pe hîrtie cu aju-

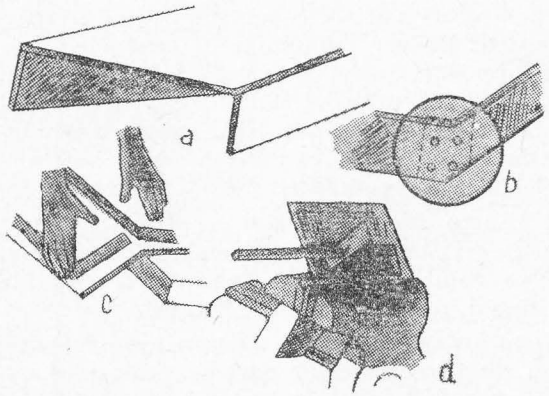


Fig. 78 Confecționarea suportului.

torul unui indigou. Se găuresc locurile respective pentru șuruburi și se decupează cele pentru fixarea soclurilor, după care se trece la îndoirea propriu-zisă, cu mîna, la început (*fig.* 78, *c*).

Operația se definitivează prin strîngerea tablei în fălcile unei menghini pe care se așază două bucăți de oțel profilat, în cazul cînd șasiul este mai mare. Capetele libere ale echerelor de oțel se strîng cu ajutorul unor menghine de mînă. Tablei șasiului i se aplică lovituri cu un ciocan de lemn sau cu un ciocan de oțel, cu masa de circa 500 g, interpunînd, în acest caz, între el și tablă o bucată de scîndură dură, groasă de 2 cm, sau o placă de oțel (*fig.* 78, *d*).

Pentru îndreptarea porțiunilor eventual turtite, se folosește un ciocan de lemn, plumb sau cauciuc dur. Plăcile de oțel cu grosimea de 1 mm pot fi îndreptate și cu un ciocan de oțel neted bine șlefuit, cu vîrful rotunjit.

Regulile constructive impun ca piesele să fie așezate pe șasiu într-o anumită poziție și ordine. Se începe cu amplasarea transformatorului de rețea, la marginea șasiului. Apoi se definitivează locul bobinei de șoc (cînd există), a transformatoarelor de cuplaj sau de ieșire, care sînt sensibile la cîmpurile electromagnetice create de transformatorul de rețea. Pentru a afla poziția optimă a acestor piese se alimentează provizoriu, transformatorul de rețea și se conectează o cască de radio la bornele transformatorului F. I. sau al bobinei de șoc, bineînțeles înainte de montaj, care se mișcă pe șasiu pînă frecvența rețelei induse devine imperceptibilă. După aceasta se așază celelalte piese la locul stabilit inițial pe foaia de hîrtie.

Cînd schema montajului urmează să se facă pe o placă cu cablaje imprimate, este necesară o placă de pertinax de grosimea 1—1,2 mm și o foiță de cupru de aceleași dimensiuni și cu grosimea de 0,03—0,08 mm. Ambele plăci se curăță și se degresează cu benzină sau acetonă, după care se lipesc cu clei nitrocelulozic și se presează între două plăci netede. După uscarea

cleiului, se desenează pe placa de cupru cu o vopsea de protecție imaginea cablajului dorit și se introduce placa într-o soluție de 30% clorură ferică. Aceasta dizolvă cuprul în zonele neprotejate de vopsea și apare suportul izolant. Urmează spălarea vopselei de protecție, perforarea găurilor, decuparea și acoperirea șasiului cu un lac protector.

Finisarea. Pentru a căpăta un aspect mai estetic și a nu se oxida, șasiurile din tablă de aluminiu sau duraluminiu se șlefuiesc cu hîrtie abrazivă din ce în ce mai fină sau alte abrazive, ca nisipul fin, cenușa, praful de cretă, *Tix* etc. În locul cîrpei, pentru operația de lustruire, cu prafuri umezite în apă, se poate folosi și o perie cu păr de porc sau relon. Rezultate și mai bune se obțin dacă se adaugă prafului respectiv soluție de ciuin sau detergenți de tipul *Alba*, *Perlan* etc. Piesele de cupru sau din aliaje de cupru se lustruiesc cu un amestec de 250 cm³ de oțet de 9°, în care s-a pus 25 g sare de lămîie sau zeama a două lămîi.

Pentru a se păstra luciul șasiului, cît și pentru protejarea lui împotriva oxizilor, trebuie aplicat prin pulverizare, cu o pompă pentru insecticide, un strat subțire de lac transparent, pe bază de nitroceluloză, care se diluiază în tiner sau acetonă. Astfel de lac se vinde și în comerț, dar trebuie manevrat cu atenție fiind foarte inflamabil. Aspectul mat al șasiului de aluminiu se capătă prin cufundarea tablei într-o soluție caldă de sodă sau de cenușă, concentrată.

Pentru vopsirea anumitor piese sau cutii de aparat în culoarea negru mat, se va folosi vopseaua neagră pentru table școlare.

Executarea conexiunilor se face cu conductoare cît mai scurte, chiar în detrimentul esteticii, pentru a evita cuplajele parazite. De asemenea, se vor evita conductoare paralele care pot produce cuplaje inductive nedorite.

Conexiunile se vor executa în ordinea următoare: mai întîi alimentarea și difuzorul, apoi etajul final, detectoarea, bobinele și transformatoarele de *I. F.* Secțiunea conductoarelor se alege funcție de intensitatea curentului care circulă prin ele. Spre a nu se topi izolația din masă plastică se recomandă fie să se țină cît mai puțin timp ciocanul de lipit la locul lipiturii, fie să se înfășoare capătul izolației cu vată sau cu hîrtie muiată în apă. Nu sînt admise bucle sau unghiuri ale conductoarelor, mai ales în circuitele de radiofrecvență. Circuitul de alimentarea filamentelor tuburilor se face din conductoare răsucite.

Pentru o punere la masă perfectă se folosește, în locul șasiului, un conductor cu diametrul de 1—2 mm care se leagă de fapt la șasiu. Este bine ca legăturile la masă ale unui etaj să se facă la un punct comun. Dacă nu se pot evita conductoarele lungi, acestea se vor ecrana cu tub de împletitură din sîrmă de cupru (tresă metalică).

La montarea unor piese trebuie avute în vedere indicațiile respective. De pildă, în cazul condensatoarelor care au la unul din capete un semn de punere la masă, se va respecta acesta cu scopul de a anula și micșora influența parazită asupra conexiunilor învecinate.

Liței de înaltă frecvență, înainte de lipire, i se resfiră conductoarele și se încălzesc la o flacără, după care se cufundă repede în alcool. Se curăță apoi cu o cîrpă și se cositorește.

Prelucrarea pieselor din mase plastice și sticlă

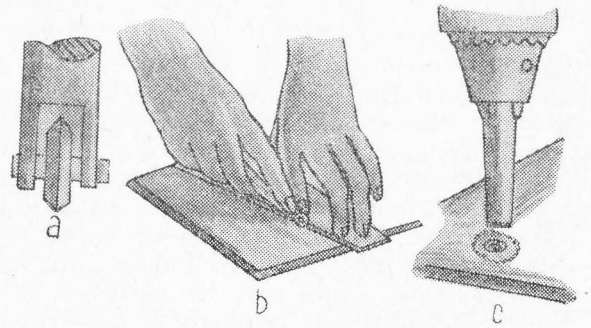
Masele plastice termoreactive, sub acțiunea căldurii, se înmoaie și se mulează, însă după răcire, la o nouă încălzire, rămîn rigide. Masele termoplastice se mulează sub acțiunea căldurii, iar după răcire, la o nouă încălzire pot fi iarăși mulate. Ebonita face parte din prima categorie și se poate lipi cu lac de bachelită, lăsîndu-se după lipire 2—3 ore la o temperatură de 80°C. Masele termoplastice, din care fac parte policlorura de vinil, sticla organică, polistirolul, polietilena se lipesc cu un clei preparat din dizolvarea aceleiași

mase plastice în solventul respectiv. Pentru plexiglas, se folosește ca solvent acid formic, acid acetic glacial, acetonă sau cloroform. O soluție conține 50—60% acetonă și 40—50% acetat de etil în care se dizolvă 0,5% plexiglas. Înainte de lipire, obiectul trebuie încălzit pînă la 40°C.

Polistirenul se lipește folosind o soluție de 10% polistiren dizolvat în 90% benzen. Masele termoplastice se mai pot lipi și cu ajutorul ciocanului de lipit, cu care se topește pe locul lipiturii o bucată din același material și se mulează repede.

Pentru a se evita formarea de fisuri la lipituri, se va ține piesa, după ultima prelucrare, circa 8 ore în apă caldă. *Lustruirea* maselor plastice se face șlefuind mai întîi cu pînză abrazivă obiectul, după care se șterge bine cu o țesătură aspră unsă cu grăsime, apoi cu un tampon de vată, muiat în alcool rafinat.

Sticla suportă mai multe operații: tăiere, perforare, mătuire. Pentru tăierea sticlei, o sculă simplă (*fig. 79, a*), compusă dintr-o tijă cilindrică crestată la cap în care se introduce o rondelă din oțel călit (înroșită și răcită brusc), este practică. După montare, rondela se ascute aproximativ în unghi de 60° la o piatră fină de polizor. Înainte de tăierea unui geam, se unge locul cu puțin petrol (*fig. 79, b*).



132 Fig. 79 Tăierea și găurirea sticlei.

Se mai poate tăia geamul cu ajutorul unei foarfece de croitorie ce se introduce într-un vas cu apă împreună cu geamul de tăiat pentru a evita vibrațiile. Un geam, de 2—3 mm grosime poate fi tăiat în orice formă cu condiția ca întreaga operație să fie făcută sub apă.

O altă metodă de tăiere a sticlei constă în folosirea unui creion special: se pisează mărunt cărbune de lemn, iar praful se amestecă cu clei de vișin sau gumă arabică puțin încălzită. Din această pastă se face un creion, care se lasă să se întărească bine. Cu ajutorul lui, se poate tăia geam plat sau butelii de sticlă. Înainte de a atinge sticla, creionul trebuie aprins și acesta, arzînd încet, este condus pe urmele unei zgîrieturi ce se face în prealabil cu o pilă de oțel.

Tot buteliile de sticlă mai pot fi tăiate și altfel: se face în jurul sticlei o zgîrietură circulară cu ajutorul unei pile. Deasupra crestăturii, se înfășoară de 3—4 ori ață îmbibată cu petrol. Se aprinde ața și, după arderea ei, se aplică pe acel loc un burete cu apă rece, sticla desfăcîndu-se în două bucăți.

Perforarea geamului se face cu o țeavă avînd diametrul orificiului ce urmează a se face și un abraziv pe care-l obținem pisînd o bucată de polisor spartă. După ce cernem abrazivul, îl umezim și-l aplicăm cîte puțin în locul pe care voim să-l perforăm, învîrtind țeava prinsă într-o mașină de găurit (*fig. 79, c*). Particulele de abraziv aflate la suprafață vor roade sticla prin antrenarea lor de țeavă care nu trebuie apăsată spre a nu sparge geamul.

Se mai poate găuri geamul cu un burghiu spiral, de diametru dorit, călit în prealabil, prin încălzire, pînă la incandescență și introdus repede în ceară roșie. Burghiul se va unge cu o soluție compusă din 10 g camfor, dizolvat în 100 cm³ de benzină și amestecat cu 30 g ulei de măsline. O altă soluție de ungere a burghiului este compusă din 100 g terebentină, în care se dizolvă 25 g camfor.

O altă metodă de perforare a sticlei: se degresează locul ales cu acetonă, benzină sau alcool rafinat, apoi **133**

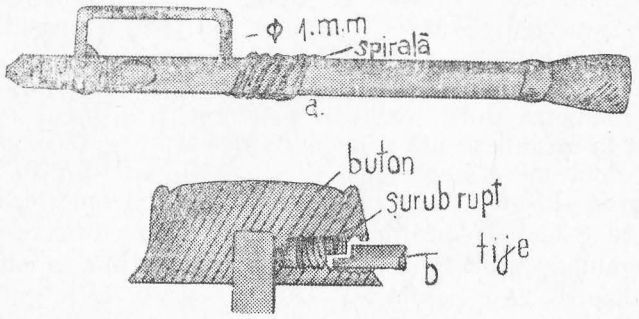
se toarnă nisip fin, puțin umezit. După aceasta, cu un bețișor ascuțit, se face în nisip o deschizătură tronconică pînă la sticlă, diametrul inferior fiind egal cu cel al găurii pe care dorim să o facem. În forma de nisip astfel obținută, se toarnă aliaj de sudură — staniu — plumb topit la 200—300°C. După răcirea aliajului, se înlătură forma de nisip și se scoate conul de aliaj cu bucata de sticlă prinsă de el. Sticla trebuie bine degresată spre a nu se sparge.

Mătuirea geamului se poate obține rapid presărînd un abraziv fin pe suprafața lui și frecîndu-l cu o altă bucată de geam pînă devine mat. După aceea, geamul se spală și se usucă pentru a observa uniformitatea matuirii. Cu cît abrazivul este mai fin, cu atît matuirea este mai netedă.

Diverse sfaturi practice

Șurubelnița specială, confecționată ca în *fig. 80, a*, servește pentru introducerea șuruburilor în *locurile greu accesibile*. Este o șurubelniță obișnuită pe care s-a înfășurat o bucată de sîrmă care susține șurubul de introdus.

Îndepărtarea șuruburilor rupte îngropate în butoane se poate face cu o tijă cilindrică de metal, pilită la un cap și avînd diametrul egal cu diametrul șurubului (*fig. 80, b*).



134 Fig. 80 Șurubelnițe speciale.

Fig. 81 Lampă cu beculeț pentru iluminat.

În timpul executării lipiturilor, fiind nevoie de o iluminare mai puternică a locului respectiv, se recomandă folosirea unei tije metalice sau de material izolant, avînd la unul din capete un beculeț de scală de 6,3 V, iar la celălalt un mîner cu cordon de alimentare (*fig. 81*).

Dacă beculețul se fixează pe un clește de prins rufe din lemn sau material plastic, dispozitivul de iluminare este mai eficient, el putînd fi prins de șasiul pe care se execută montajul.

Curățitor de conductor izolat cu email. De obicei, curățirea capetelor conductoarelor izolate cu email, în vederea lipirii, se face manual cu lama unui cuțit sau prin încălzire la o flacără de gaze. Încălzirea și curățirea emailului de pe conductoarele cu secțiune mică se poate face însă și pe cale electrică cu ajutorul unei scule (*fig. 82*) constînd dintr-un tub ceramic (1), pe care se află bobinate 2—3 spire dintr-un material de mare rezistivitate, care să încălzească tubul pînă la roșu. Pe mînerul (3) este montat întrerupătorul (4). Rezistența (2) se alimentează de la priza de 6,3 V a unui transformator de mică putere.

Capul conductorului de lipit se introduce în tubul ceramic pe care, încălzindu-l, arde emailul de pe conductor, care se curăță apoi ușor.

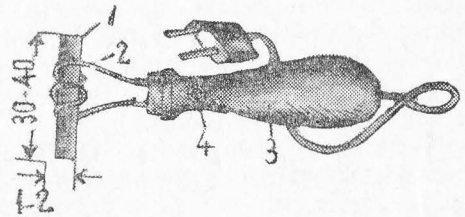


Fig. 82 Curățitor pentru conductor izolat cu email.

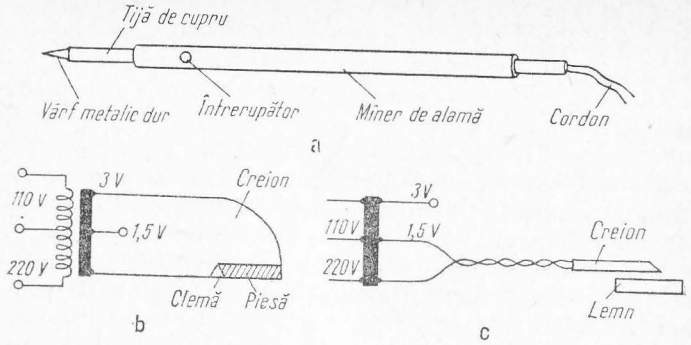


Fig. 83 Scule pentru marcarea pieselor și sculelor: *a* — creion electric; *b* — transformator de alimentare a creionului; *c* — creion pentru pirogravură.

Marcarea pieselor și sculelor, metalice sau de lemn, cu inscripții durabile se face destul de comod, cu ajutorul unui creion electric (*fig. 83, a*). Acest creion este alcătuit dintr-un vîrf de metal dur (wolfram), sudat de o tijă de cupru prinsă de un mîner de alamă de 10 mm diametru și îmbrăcat cu tub de cauciuc.

Creionul se alimentează, în cazul scrierii pe metal cu o tensiune de 3—8 V printr-un transformator de mică putere (*fig. 83, b*).

Cînd se lucrează la pirogravura pe lemn, se va schimba tija cu vîrf de volfram cu o spiră de cupru în scurt-circuit, calculată pentru o tensiune de 1,5 V. Se va utiliza un transformator pentru puterea de 50—60 VA, a cărui înfășurare secundară va fi executată din conductor cu diametrul 2,5—3 mm, izolat cu bumbac (*fig. 83, c*).

Principiul funcționării creionului electric, în cazul scrierii pe obiecte de metal, constă în oxidarea și topirea la suprafață a metalului, iar la pirogravură, în arderea de către vîrful de cupru înroșit a lemnului.

Confecționarea unor scale de efect pentru aparatele de recepție sau de laborator.

— Se desenează pe o coală de hîrtie scala, la o scară de 2—3 ori mai mare decît mărimea dorită.

Desenul se execută în tuș negru. Se fotografiază desenul și, după negativ, se obține pozitivul pe hîrtie fotografică, cu ajutorul unui aparat de mărit. Se decupează liniile din dreptul posturilor pentru a se observa indicatorul și se lipește pe sticlă.

— Se desenează scala pe calc, în tuș negru, în mărime naturală. Se taie un geam de 3—5 mm grosime la dimensiunile dorite. Se prepară o emulsie fotografică, dizolvînd în 100 g apă 25 g clei de tîmplărie, curățit și transparent, și fierbîndu-l. În soluția obținută, se adaugă după răcire 5 g de bicromat de amoniac sub formă de praf și se amestecă bine. Se filtrează emulsia prin tifon curat și se toarnă pe geamul pregătit mai înainte, avînd grijă să se depună cît mai uniform. După aceasta se pune la uscat într-un loc curat. Operațiile cu emulsia trebuie făcute la întuneric sau la lumină roșie. Se aplică peste emulsia uscată calcul cu desenul scalei, presîndu-l cu o bucată de geam curat și transparent.

Scala se luminează cu un bec de 100 W, timp de 4—5 minute, sau se expune la lumina soarelui 2—3 minute. Se scoate calcul, se developează emulsia într-un revelator contrast, se fixează și se spală bine. Obținem negativul chiar pe sticlă, cu liniile, cifrele și scrisul alb. Fondul scalei se poate colora, dacă în vasul cu revelator punem puțină vopsea praf de culoarea dorită.

— Alt procedeu prevede desenarea scalei cu o peniță sau trăgător muiat în soluție, cu care se fixează fotografiile (tiosulfat de sodiu în apă), pe hîrtie, plăci sau peliculă fotografică care se developează normal apoi. Fondul se va înnegri, desenul rămînînd alb. Se introduce într-o baie cu fixator foto obișnuit, timp de 4—5 minute. Toate operațiile se fac la întuneric sau la lumină verde sau roșie, după natura filmului. După spălare și uscare, scala va avea fondul negru și desenul alb.

Magnetizarea pieselor mici de oțel, necesare diferitelor experiențe, se poate face cu un dispozitiv compus dintr-o carcasă de carton sau material plastic

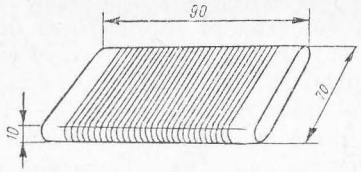


Fig. 84 Dispozitiv pentru magnetizarea pieselor mici de oțel.

(*fig. 84*), pe care se înfășoară 200 spire conductor de cupru (∅ —0,7) izolat 2× bumbac, pentru tensiunea de 120 V, și 350 spire din același conductor (∅ —0,3), pentru 220 V. Capetele bobinei se vor alimenta de la o sursă de curent alternativ printr-un fuzibil format dintr-un fir de cupru cu diametrul de 0,05 mm, lung de 40 mm. După aplicarea unui impuls electric de scurtă durată, piesa din interiorul carcasei se va magnetiza, iar fuzibilul se topește datorită intensității curentului. Peste fuzibil se va pune o carcasă de protecție spre a nu sări picături de metal topit.

Deoarece se folosește curent alternativ și nu se poate ști precis momentul topirii fuzibilului și, întrucît la remagnetizarea unor piese demagnetizate parțial este necesar să se păstreze polaritatea avută și nu alta de sens invers, se va repeta procesul remagnetizării, pînă cînd se obține rezultatul dorit.

Remagnetizarea căștilor se poate face printr-o operație cît se poate de simplă: se descarcă un condensator electrolitic de 32 μF, încărcat la o tensiune de 200—300 V, prin înfășurarea căștilor. Repetînd operația de cîteva ori și repetînd strict aceeași polaritate la bornele căștilor, ele se remagnetizează puternic.

O altă metodă constă în branșarea căștilor, de mai multe ori, timp de cîteva fracțiuni de secundă, la bornele plus și minus ale unui redresor electric. Trebuie, menționăm, branșate căștile fracțiuni de secundă, altfel se vor arde bobinele.

Rezultate mai slabe de remagnetizarea căștilor se obțin dacă, în lipsă de energie electrică, se vor atinge, pe rînd, polii nord —sud ai căștii cu polii nord—sud ai unui magnet puternic.

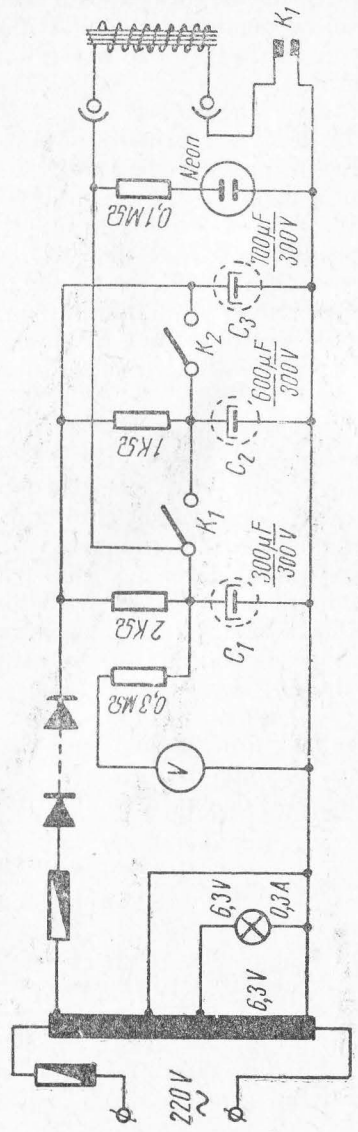


Fig. 85 Schema dispozitivului pentru remagnetizarea prin impulsuri.

Remagnetizarea prin impulsuri este necesară de multe ori nu numai în cazul căștilor, ci și al magneților instrumentelor de măsurat, difuzoarelor sau a altor piese magnetice. Aparatul din *fig. 85* al cărui redresor încarcă condensatoarele electrolitice C_1, C_2, C_3, produce un impuls de descărcare într-o bobină cu 8—9 spire de liță de cupru, cu diametrul de 2 mm, izolată în bumbac și înfășurată în jurul piesei de remagnetizat.

Impulsul se produce apăsînd pe butonul contactorului *K.1*. Întrerupătoarele K_1 și K_2 se folosesc în cazul cînd, pentru crearea unui cîmp magnetic mai puternic, este nevoie de un curent de descărcare mai mare. Se va respecta polaritatea curentului față de polii magnetici.

Demagnetizor. Capetele magnetice și toate piesele de materiale feromagnetice ale magnetofonului se pot magnetiza datorită fenomenelor electrice care apar la conectarea și deconectarea magnetofonului. Acestea, venind în contact cu banda, o magnetizează, fapt ce duce la crearea, în timpul redării, a unui zgomot atît de mare, încît acoperă semnalul și îl distorsionează. De aceea, este indicat ca, înainte de efectuarea unei noi înregistrări, să se demagnetizeze capetele cu un cîmp alternativ de 50 Hz. *În acest scop, se folosește un demagnetizor (fig. 86).*

Pe un miez realizat din 60 de tole I de transformator, cu grosimea de 0,35 mm fiecare, se înfășoară 1 680 spire din conductor de cupru emailat de 0,38 mm,

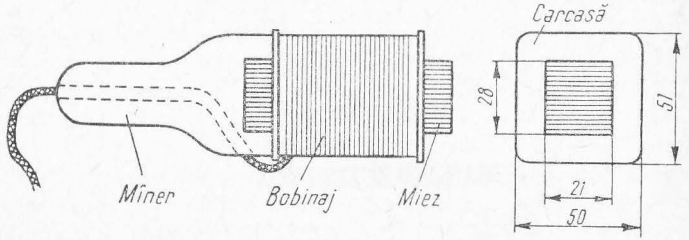


Fig. 86 Demagnetizor.

pentru tensiunea de 220 V, sau 840 spire cu conductor de cupru emailat de 0,47, pentru tensiunea de 120 V. Între straturile bobinajului se va pune foiță de la condensatoarele cu hîrtie.

La folosirea dispozitivului se va deconecta magnetofonul de la rețea și se recomandă chiar să se deconecteze și capetele de la transformatorul amplificatorului, pentru a nu se străpunge izolația înfășurării. De asemenea, banda trebuie îndepărtată. Demagnetizorul se conectează la rețea, ținîndu-l la o distanță de 0,5 m de magnetofon, apoi se apropie încet de capete și de celelalte piese magnetizate și se învîrte de 2—3 ori în jurul pieselor respective. După aceasta, se îndepărtează demagnetizorul printr-o mișcare în spirală, pînă la o distanță de 1 m, și se deconectează de la rețea.

Același dispozitiv poate servi și la demagnetizarea benzilor înfășurate pe role, operație necesară la magnetofoanele cu baterii care au capete de ștergere cu magnet permanent. Modul de ștergere este identic cu cel descris mai sus.

Verificarea pieselor și a legăturilor

În practica construcției materialului didactic și a depanajului aparatelor din laboratorul radioamatorului, cea mai frecventă operație este controlul stării pieselor: rezistențe, bobine, condensatoare, precum și verificarea continuității circuitelor. Descriem cîteva metode și aparate simple, ce pot fi construite cu mijloace reduse.

Verificarea continuității circuitelor, a rezistențelor și a bobinelor (de ex. o întrerupere a conductorului, o înfășurare dezlipită, o rezistență întreruptă) se poate face destul de ușor, în lipsa unor aparate de măsurat speciale, prin conectarea în serie a bateriei (*B*), a rezistenței (*R*) și a miliampermetrului (mA), ca în *fig. 87, a.* Acest montaj indică mărimea inten-

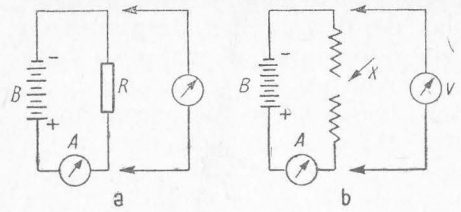


Fig. 87 Verificarea continuității circuitelor: *a* — rezistență bună; *b* — rezistență întreruptă.

sității curentului. Voltmetrul (V), montat în derivație pe rezistență, arată „căderea de tensiune" produsă în rezistență. În cazul în care rezistența R este întreruptă, ampermetrul nu va indica nimic, iar voltmetrul va indica întreaga *t. e. m.* a bateriei (*fig. 87, b*).

Un control mai sistematic cu posibilități de măsurare a valorilor pieselor radio se poate face cu ajutorul *ohmmetrului* care poate fi improvizat dintr-un miliampermetru cu scara 0—1 mA, legat în serie cu o baterie de 9 V și o rezistență de 10 000 Ω (*fig. 88*). Atingînd capetele cordonului între punctele A—B, acul instrumentului va devia la circa 0,9 mA. Intercalînd în circuit o rezistență R, de valoare cunoscută, de exemplu 10 000 Ω, indicatorul instrumentului va devia spre centrul scalei, adică 0,45 mA, în timp ce o rezistență de 100 kΩ va face indicatorul să devieze foarte puțin.

Legînd în serie cu același miliampermetru o singură baterie de 4,5 V și excluzînd valoarea rezistenței

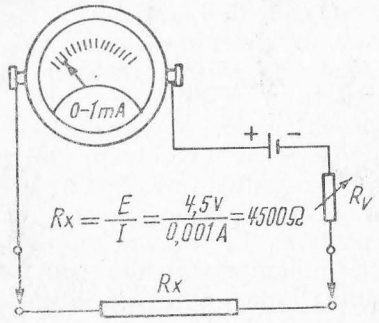
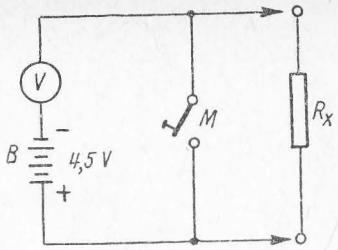


Fig. 88 Schema ohmmetrului serie.

Fig. 89 Metoda voltmetrului pentru măsurarea rezistențelor.



variabile (R_v) și rezistența interioară a instrumentului (r), valoarea rezistenței necunoscute R_x se poate afla destul de precis, conform legii lui Ohm.

În afară de metoda ohmmetrului, mai există și alte metode pentru măsurarea rezistențelor, dintre care amintim metoda voltmetrului (*fig. 89*). Voltmetrul se leagă în serie cu o baterie și cu rezistența necunoscută R_x, a cărei valoare se obține din formula:

$$R_x = \frac{r(U-u)}{u}$$

Exemplu de calcul. Se dă $r = 400\ \Omega$, $U = 1{,}44$ V, $u = 0{,}48$ V. Valoarea rezistenței de măsurat ar fi:

$$R_x = 400 \cdot \frac{1{,}44 - 0{,}48}{0{,}48} = 400 \cdot \frac{96}{48} = 800\ \Omega.$$

Dacă nu posedăm nici un instrument de măsurat, verificarea de continuitate se mai poate efectua și prin alte metode mai simple, dar cu rezultate aproximative. Astfel, putem folosi o baterie de 4,5 V, legată în serie cu o cască, o sonerie, sau cu un beculeț de lanternă de buzunar. Cînd cordoanele de legătură ale dispozitivului, constînd dintr-o clemă „crocodil" și un vîrf metalic, sînt legate la bornele piesei de verificat, se va auzi un pocnet ușor în cască sau se va ilumina beculețul (*fig. 90, a, b*).

Verificarea condensatoarelor cu izolație de hîrtie sau de mică se poate face cu aceleași mijloace și metode

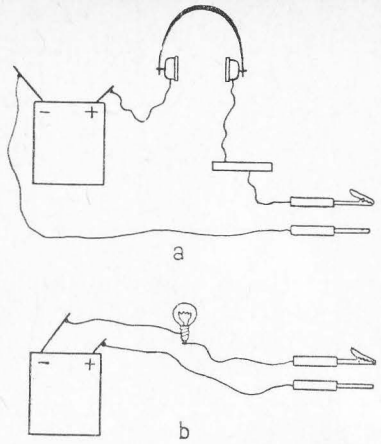


Fig. 90 Verificarea continuității circuitelor: *a*—cu casca telefonică; *b* — cu o lampă de lanternă.

descrise mai sus, numai că un condensator în stare bună nelăsînd să treacă curentul continuu, acul miliampermetrului sau al voltmetrului nu va devia decît puțin, la închiderea și deschiderea circuitului. Cînd instrumentul indică valoarea maximă a tensiunii bateriei din circuit, atunci condensatorul este scurtcircuitat (clacat), iar dacă arată o mică valoare înseamnă că izolamentul condensatorului este defect.

Un condensator de capacitate mai mare se poate verifica încărcîndu-l cu ajutorul unei surse de curent continuu, furnizată de un redresor. Dacă condensatorul este valid, în momentul scurtcircuitării bornelor cu ajutorul unui conductor, se va produce o scînteie. Condensatoarele electrolitice, cît și cele izolate cu hîrtie se verifică cu un aparat simplu, a cărui schemă de montaj se vede în *fig. 91.*

Cu ajutorul acestui aparat, se pot face aprecieri și asupra valorii și calității condensatoarelor.

Dacă există un scurtcircuit în interiorul condensatorului, luminozitatea tubului cu neon T_n va fi maximă. În cazul că electrozii condensatorului sînt întrerupți, tubul nu iluminează. Tubul cu neon ilu-

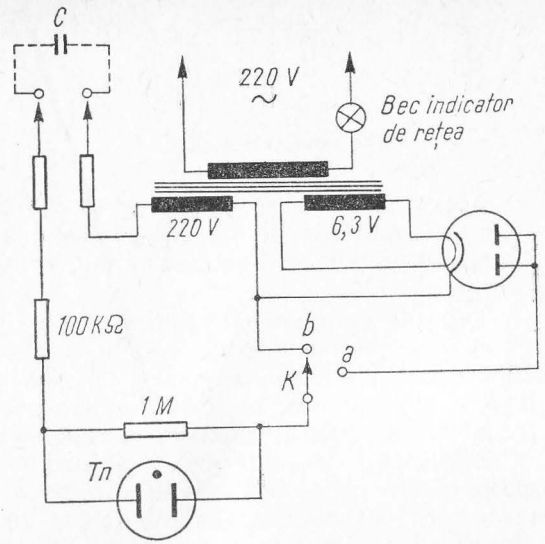


Fig. 91 Schema aparatului pentru încercarea condensatoarelor.

minează cu atît mai puternic, cu cît capacitatea condensatorului este mai mare.

Scurtcircuitele sau slăbirea izolației unui condensator se determină în curent continuu (prin aducerea comutatorului *K* în poziția *a*), iar întreruperea armăturilor în curent alternativ.

Verificări cu montaje ce conțin tuburi cu neon

Cu ajutorul tubului cu neon se pot face diverse verificări: de continuitate a circuitelor, a bobinelor, a rezistențelor, a filamentelor tuburilor electronice etc., și se pot determina cu aproximație valorile pieselor radio, precum și mărimile curenților, tensiunilor și puterilor electrice.

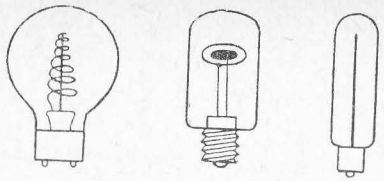


Fig. 92 Tipuri de tuburi cu neon.

Acest dispozitiv simplu, practic, și mai ales ieftin, deși nu constituie un instrument de măsurat precis, totuși nu trebuie să lipsească din laboratorul cercului de radio.

Tuburile cu neon sînt formate dintr-un balon de sticlă, mai rar de metal, umplut cu neon (și unele adaosuri). În interior, se găsesc doi electrozi din molibden, zirconiu sau alt metal activat, avînd diferite forme: disc, vergea, cilindru, spirală etc. (*fig. 92*).

Potențialul de amorsare al tuburilor cu neon cu electrozi din metal pur este de ordinul a 130—180 V, iar a celor cu catod activat este de 60—70 V. Curentul absorbit este de 0,3—5 mA, suprafața luminiscentă crescînd odată cu creșterea intensității curentului ce o străbate.

a) *Verificarea continuității circuitelor, scurtcircuitelor și izolamentului* se face cu un montaj în care tubul cu neon se află în serie cu o rezistență de protecție *R* (*fig. 93, a*) și cu sursa de curent. În caz de întrerupere a circuitului, tubul nu se ilumincază.

b) *Determinarea fazei la rețeaua electrică* (*fig. 93, b*). După introducerea fișei în priză (bornele 1, 2), se rotește potențiometrul în sensul în care se luminează tubul cu neon, ținînd degetul pe borna 4. Borna spre care a fost deplasat cursorul potențiometrului și se aprinde lampa indică faza.

Scurtcircuitînd bornele 3 și 4, montajul poate fi utilizat pentru aprecierea valorilor tensiunilor alternative și continue între 100 și 350 V. Tensiunea de măsurat U_x se aplică între bornele 1 și 2. Se deplasează cursorul potențiometrului, pînă cînd tubul cu neon se ilumineză. Butonul potențiometrului fiind

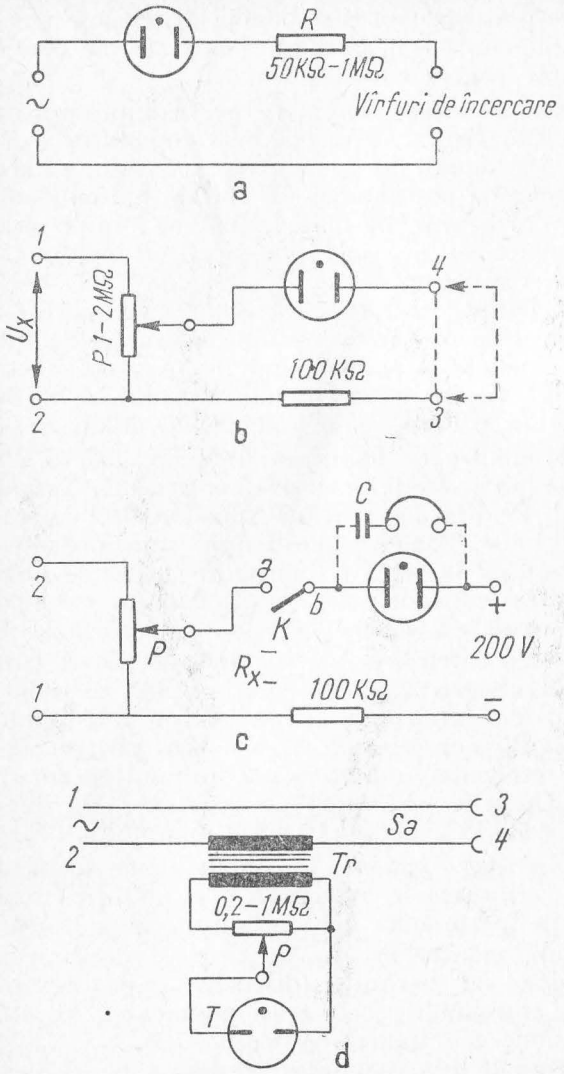


Fig. 93 Dispozitive de verificare cu tuburi cu neon.

etalonat în prealabil cu un voltmetru, se citește gradația respectivă, care corespunde cu tensiunea măsurată. Etalonarea se face separat pentru curent continuu și separat pentru curent alternativ.

c) *Un ohmmetru simplu* se poate improviza după schema din figura *93, c*. Se pune comutatorul K pe poziția *b* și se observă luminozitatea tubului cu neon ; se comută în poziția *a* și se rotește butonul potențiometrului gradat în ohmi, pînă se obține aceeași luminozitate ca în cazul precedent, aflîndu-se astfel valoarea rezistenței R_x.

Completînd montajul cu un condensator $C = 1\,000$ pF și o cască conectată în paralel cu tubul, putem constata și auditiv cînd intensitatea sunetului oscilațiilor va fi aceeași pe ambele poziții (*a*, *b*), după care, citind gradația potențiometrului, aflăm R_x.

d) *Wattmetru cu lampă cu neon* (*fig. 93, d*). Principiul de lucru se înțelege ușor după schemă. Transformatorul *Tr* are raportul de transformare de 1 : 40 pînă la 1 : 60. Poate fi folosit orice transformator de alimentare de la rețea a tuburilor. Piesele se amplasează într-o cutie de plastic scoțînd borne exterioare. Pentru gradarea wattmetrului, se conectează la bornele 3—4 o sarcină rezistivă activă de putere cunoscută. Se manevrează potențiometrul, pînă ce tubul cu neon nu mai luminează. În momentul cînd tubul luminează din nou, se notează valoarea puterii cunoscute a rezistenței respective pe cadranul potențiometrului. Operația se repetă cu rezistențe de diferite puteri, gradînd astfel toată scara aparatului.

e) *Încercător miniatură*. Dimensiunile aparatului pentru verificarea izolației și a continuității circuitelor devin foarte mici dacă se utilizează o sursă de alimentare monocelulă, tub cu neon și un convertor de tensiune cu tranzistor (dispozitiv care transformă curentul continuu de joasă tensiune în curent continuu de tensiune mai mare, ca în *fig. 94*).

Prototipul a fost montat împreună cu elementul de acumulator într-o mică cutie de sticlă organică,

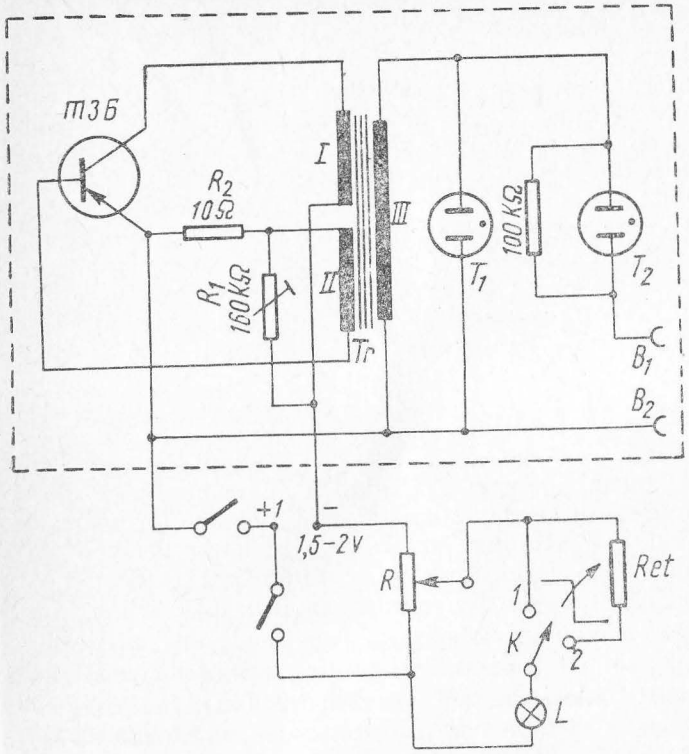


Fig. 94 Încercător miniatură.

al cărei volum nu depășește pe cel al unei cutii de chibrituri.

Frecvența oscilațiilor convertorului este de aproximativ 1—2 kHz. Ca indicator, se folosesc două tuburi cu neon tip miniatură, avînd potențialul de aprindere 80—100 V. Alegerea tranzistorului folosit nu este critică, deoarece el nu disipează o putere prea mare. Obținerea înaltei tensiuni se face cu ajutorul unui transformator ridicător de tensiune.

Ca tranzistor poate fi ales EFT 322, P 13 B, OC 816, OC 820, P 1 A, P 1 B, P 1 D. Transformatorul

Tr se bobinează pe un miez de fier cu tole de tip E, cu secțiunea 0,25 cm² și un întrefier de 0,3 mm. Înfășurarea I are 60 de spire din conductor Cu Em ∅ 0,25 mm. Direct pe această înfășurare (fără nici un fel de izolație) se bobinează înfășurarea II, alcătuită din 45 spire din conductor Cu Em ∅ 0,3 mm. După izolarea înfășurării II, se aplică înfășurarea III, care are 500 spire din conductor Cu Em ∅ 0,1 mm.

Tubul cu neon $T\,1$ servește ca indicator permanent de tensiune. Se va avea grijă ca la conectarea sursei de 2 V, tranzistorul să lucreze pe o sarcină, altfel se deteriorează. Pentru verificarea rezistenței de izolație a unui circuit, cordoanele de verificare se introduc în bucșele B_1 și B_2 care pot fi combinate și cu un dispozitiv de deconectare a bateriei. Funcție de mărimea rezistenței de izolație, tubul T_2 va pîlpîi mai mult sau mai puțin puternic, iar tubul T_1 care luminează permanent, se poate stinge. Potențialul de aprindere al tubului T_2 trebuie să fie ceva mai mic decît al tubului T_1, a cărui tensiune de amorsare este de 120 V.

Toate piesele din montaj nu au valori critice, așa încît, pentru miniaturizare, funcție de spațiul disponibil, se pot încerca mai multe variante. Rezistența R_1 are valori de referințe 160 ...200 kΩ, începînd cu 5 kΩ. În nici un caz, rezistența R_1 nu trebuie să fie prea mică, astfel încît să nu se depășească curentul maxim admisibil de colector al tranzistorului. Rezistențele P și R_{et} au valori mici, sînt bobinate și se reglează funcție de tensiunea bateriei și a tubului cu neon folosit.

Tranzistorul lucrează aici ca un comutator. În stare de funcționare, curentul care circulă prin înfășurarea I creează un cîmp magnetic în miezul transformatorului, ce dispare la deconectarea înfășurării II, datorită blocării tranzistorului, fenomen ce determină în înfășurarea III apariția unui impuls de tensiune.

Aici nu se utilizează fenomenul inducției, ci tensiunea de autoinducție, produsă la deconectarea unei

inductanțe. Înfășurarea II formează circuitul de reacție ; R_1 și R_2 formează divizorul de tensiune. Ca transformator, se poate folosi unul de ieșire rebobinat.

Deoarece dispozitivul este foarte sensibil și indică precis rezistența de izolație, chiar la 10 MΩ, se va monta în paralel cu tubul T_2 o rezistență avînd valoarea de cel puțin 100 kΩ, pentru a nu da pîlpîiri false în cazul cînd intervalul între bornele B_1 și B_2 ar fi umed.

Pentru a face distincție între o defecțiune de izolație și una de scurtcircuit, respectiv o continuitate a elementului verificat, dispozitivul se poate completa cu o lampă cu incandescență L, de 1,5—2,5 V, necesară la verificarea continuității circuitelor. Cercetările au demonstrat că, cu un beculeț de lanternă, se pot face aprecieri apropiate de valorile reale asupra tensiunilor, rezistențelor, capacităților și chiar inductanțelor, cu o precizie de ordinul a ± 3 ... 4%.

Lampa cu incandescență de tensiune mică folosită, ca indicator vizual, se bazează pe capacitatea ochiului de a sesiza iluminarea „inițială" a unei surse pe punctul de aprindere. „Curentul de aprindere" și „tensiunea de aprindere" constituie doi parametri bine determinați în procesul de măsurare. Observația vizuală deci nu mai depinde de subiectivitatea ochiului.

Menționăm că, practic, pentru scopurile noastre, ne vom limita numai la una din metodele originale și foarte simple de măsurare a valorii unei rezistențe R_x, pornind de la faptul constatat că valorile medii ale curentului de aprindere, și ale tensiunii de aprindre, și ale tensiunii de aprindere pentru lămpile de 2,5 V sînt respectiv $I_a = 67$ mA și $V_a = 0{,}4$ V. La lămpile de 3,5 V, $I_a = 100$ mA iar la cele de 6 V, $I_a = 19$ ... 30 mA. Cea mai sesizabilă lumină de aprindere o prezintă becurile de 2,5 V.

Pentru a măsura curentul de aprindere al lămpii, aceasta se leagă în serie cu un element de 1,5 V, o rezistență variabilă de 50 ... 70 Ω și un miliampermetru pentru 30 ... 150 mA. În cazul unei baterii de 4,5 V, se va folosi o rezistență variabilă de 200—300 Ω.

Pentru o reglare mai fină a curentului, se vor lega două rezistențe în paralel. Se aprinde, mai întîi, intens lampa, apoi, introducînd rezistența variabilă, măsurăm curentul corespunzător celei mai slabe iluminări abia perceptibilă cu ochiul.

Tensiunea de aprindere se măsoară conectînd, în paralel cu lampa, un voltmetru cu magnet permanent pe scara 1 ... 1,5 V.

Cu montajul prezentat, folosind un bec de 2,5 V și 0,16 A și o rezistență etalon R_{et}, se poate măsura valoarea unei rezistențe necunoscute R_x, mai mare de 10 Ω pînă la o limită superioară, care este funcție de tensiunea bateriei.

Rezistența R_{et} se reglează la început pe valoarea maximă, iar divizorul de tensiune R în poziția corespunzătoare tensiunii minime. Comutatorul K se așază în poziția 1 și se aplică tensiunea. Reglînd rezistența R (de valoare mică, funcție de lampă și tensiunea bateriei), se stabilește iluminarea inițială a becului.

Trecînd apoi comutatorul pe poziția 2, se acționează asupra rezistenței R_{et}, pînă cînd se aprinde lampa L_3. Comutîndu-se de cîteva ori lampa de pe un circuit pe altul și variind pe R, se obține egalizarea curenților în cele două circuite, cînd strălucirea lămpii va deveni aceeași pentru ambele poziții. În acest caz, $R_{et} = R_x$.

Butonul axului rezistenței R_{et} se gradează comparativ cu valorile unor rezistențe, a căror mărime este cunoscută mai înainte, prin măsurare cu ohmmetrul. Introducînd o rezistență adițională între becul L și punctul 1, se pot măsura rezistențe cu valori cuprinse între 1 și 10 Ω.

IX. DOUĂZECI DE MONTAJE PE UN ȘASIU

Ca introducere în practica montajelor și pentru o pregătire mai temeinică a radioconstructorilor amatori din cercurile de radio și din școli, prezentăm un șasiu universal, construit de radioamatorul sovietic M. A. Nikolenko. Pe acest șasiu se pot executa un număr de douăzeci montaje radio.

Posibilitatea de a efectua cu același material atîtea experiențe de bază din radiotehnică face din această „placă-șah" originală un mijloc de instruire interesant, eficient și accesibil oricui, din toate punctele de vedere.

Construcția șasiului se face din panel gros de 8 mm, din material plastic sau din textolit, avînd dimensiunile arătate în *fig. 95*. Pe acest șasiu (văzut de jos în sus), se montează 135 bucșe radio, în locurile indicate prin numere, și trei socluri de tuburi electronice. De asemenea, se vor numerota cu vopsea bucșele, conform schemei, și se vor executa conexiunile cu sîrmă izolată.

La 20 mm de fiecare colț (cum se vede în secțiunea din figură, dreapta sus), se va fixa cîte un cui de lemn. Cu aceste patru cuie se prinde planșa pe care se va desena montajul din experiența respectivă. Pentru aceasta, se răstoarnă șasiul cu conexiunile și numerotarea în sus, peste planșa de hîrtie groasă, și se dau găuri de 8 mm prin bucșe, în hîrtie, în dreptul numerelor din schema respectivă.

Se notează apoi pe planșă numerele și se reproduce schema ce se experimentează.

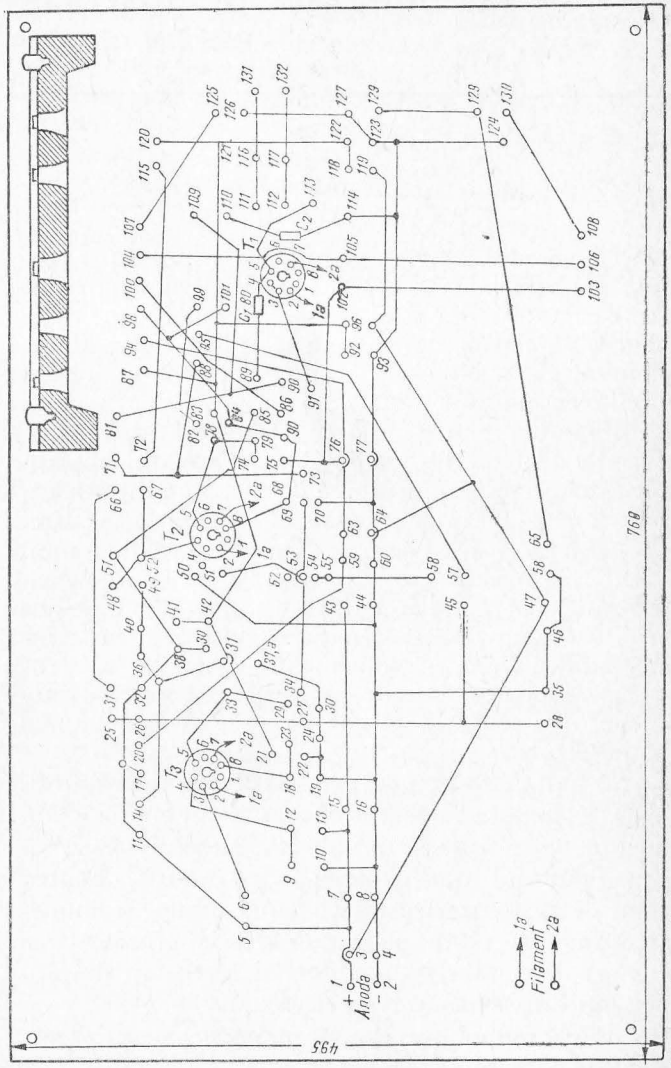
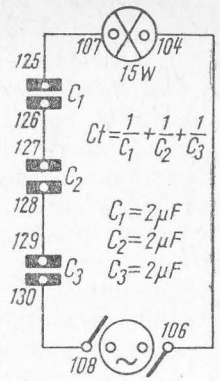


Fig. 95 Panoul de montaj.

Fig. 96 Legarea în serie a condensatoarelor.



Montarea pieselor pe șasiu se va face cu ajutorul bananelor radio, în dreptul numerelor indicate în schemele ce urmează.

Montajele ce se pot face cu ajutorul acestui șasiu universal sînt următoarele:

1. *Legarea serie a condensatoarelor* (*fig. 96*) arată că valoarea totală a capacității celor trei condensatoare scade la 1,2 μF, iar rezistența lor în curent alternativ (reactanța) crește. Pentru a evidenția aceasta, se leagă un bec electric de 220 V — 15 W sau un miliampermetru de curent alternativ la bucșele cu numerele 107—104. Se va introduce în circuit, pe rînd, cîte un condensator, scurtcircuitînd pe celelalte. Pe măsură ce înseriem condensatoarele, becul va ilumina mai slab, iar în cazul miliampermetrului, se observă cum scade curentul. Montajul se alimentează de la rețeaua de curent alternativ.

2. *Legarea în paralel a condensatoarelor* (*fig. 97*) dă posibilitatea să se demonstreze că reactanța scade, iar capacitatea totală crește, în cazul introducerii pe rînd, în paralel, a fiecărui condensator. Se va observa cu această ocazie cum crește curentul la miliampermetru sau cum becul electric va ilumina mai puternic. Experiențele de mai sus se pot face și cu rezistențe, avîndu-se grijă ca alimentarea să fie corespun-

zătoare cu valoarea rezistențelor. Rezultatele vizuale vor fi aceleași.

3. *Condensatorul în circuitul de curent alternativ* din montajul respectiv (*fig. 98*) probează că tensiunea de pe plăcile sale își schimbă semnul. Instrumentul *G* este un galvanometru simplu. La numerele 46—65 se leagă un manipulator telegrafic sau întreruptor cu două poziții. Se încarcă condensatorul de la sursa 3—4 și se descarcă pe galvanometru. După mărimea unghiului și partea în care deviază acul galvanometrului, constatăm valoarea și semnul tensiunii în momentul întreruperii circuitului.

4. *Încărcarea și descărcarea unui condensator* (*fig. 99*). Se observă că schema seamănă cu precedenta, cu unele modificări. Instrumentul este tot un galvanometru sau miliampermetru de curent continuu. Ca sursă electrică, se folosește un acumulator de 6 V. Cu ajutorul manipulatorului se încarcă condensatorul. În momentul încărcării, acul galvanometrului se deplasează sub un unghi oarecare, apoi revine în poziție de repaus. La descărcare, închizînd circuitul din dreapta, acul se deplasează în partea opusă ca la încărcare. Schimbînd condensatorul cu altul, de altă

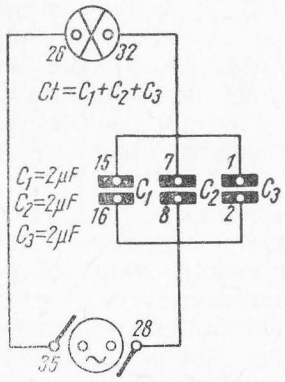


Fig. 97 Legarea în paralel a condensatoarelor.

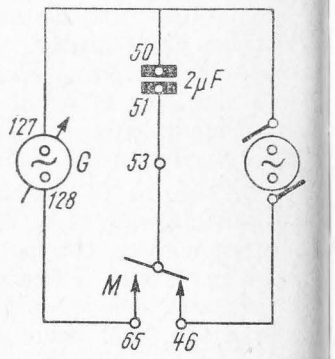


Fig. 98 Condensatorul în circuitul de curent alternativ.

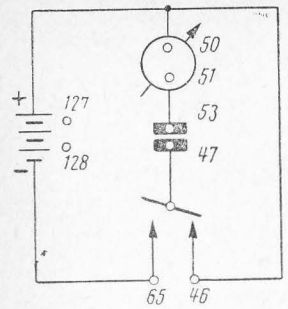


Fig. 99 Încărcarea și descărcarea condensatorului.

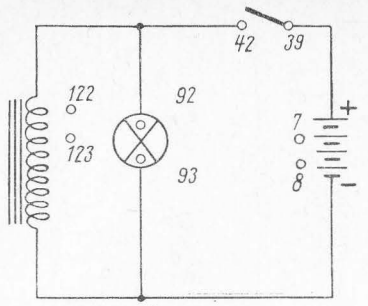


Fig. 100 Curentul de autoinducție.

capacitate, putem aprecia valoarea capacității după valoarea curentului de încărcare.

5. *Curentul de autoinducție* (*fig. 100*). Piesele folosite sînt: înfășurarea de 220 V a unui transformator care se leagă la numerele 122—123, un bec de scală de 6,3 V și un manipulator. Sursa de alimentare este un acumulator de 6 V. La închiderea circuitului apare în bobina de șoc pentru filtru un curent de autoinducție și beculețul va ilumina, fiind alimentat. La întreruperea circuitului, încetează curentul, dar beculețul nu se stinge dintr-o dată ci arde pentru un moment puternic, stingîndu-se treptat. Micșorînd inductanța bobinei prin modificarea numărului de spire al ei, se va micșora și curentul de autoinducție. Ca bobină, folosiți înfășurarea de 110 V a unui transformator sau secțiunile unei bobine de șoc de audiofrecvență.

6. *Acțiunea oscilațiilor amortizate* într-un circuit (*fig. 101*). Piesele necesare sînt: o bobină fagure de 50—80 spire, un buzer, un miliampermetru termic sau un bec de scală de 6,3 V și un acumulator de 6 V. Scopul experienței este să arate că la alimentarea unui circuit constînd dintr-un condensator și o bobină cu ajutorul buzerului, iau naștere oscilații electrice ce pot fi puse în evidență prin miliampermetru sau beculeț.

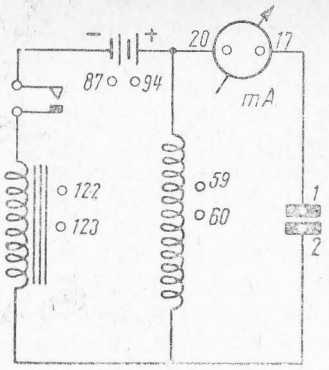


Fig. 101 Generator de oscilații cu ajutorul buzerului

7. *Rezonanța electrică* (*fig. 102*). Ca indicator de oscilații, se folosește o lampă de lanternă.

Pentru demonstrarea rezonanței electrice, sînt necesare două bobine de cîte două sute de spire fiecare, bobinate în fagure, un condensator avînd capacitatea de 100 pF și un alt condensator, variabil, de 500 pF. Ca indicator de oscilații, se poate folosi un miliampermetru termic cu șunt, care se leagă la bornele 118 și 119. Miliampermetrul poate fi montat și serie în circuit, dar fără rezistența de șuntare. În locul miliampermetrului, poate fi folosit și un bec de scală de 6,3 V.

Oscilațiile apar în circuitul L_1, prin inducție, de la bobina L_2, alimentată dintr-un acumulator de 6 V.

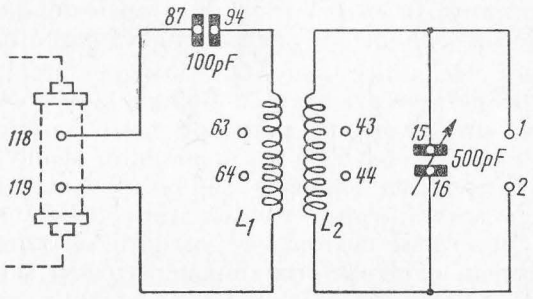
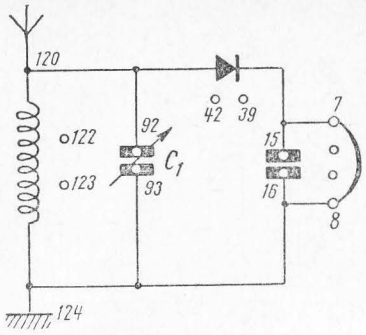


Fig. 102 Rezonanța electrică.

Fig. 103 Radioreceptor cu cristal.



Cu ajutorul acestui montaj, se poate demonstra că, dacă în circuitul cu bobina L_2 se produc oscilații electrice de înaltă frecvență, atunci acestea se transmit bobinei L_1 cu maximum de intensitate, cînd ambele circuite se află la rezonanță.

În cazul de față se realizează oscilații amortizate.

În momentul rezonanței, acul miliampermetrului va indica un maxim de curent sau, dacă folosim un beculeț, el se va lumina puternic.

8. *Radioreceptor cu cristal* (*fig. 103*). Din schemă se observă că este un montaj obișnuit, cu care se va recepționa o stație de emisie, pe care se va acorda circuitul aparatului. Se arată rolul detectorului cu cristal. Bobina L_1, pentru recepționarea undelor medii, se realizează pe o carcasă cilindrică cu diametrul de 10 mm și miez de ferocart — bobinînd cu liță de înaltă frecvență sau cu sîrmă de Cu ∅ — 0,25 izolată, 40 — 50 spire. C_1 are valoarea 500 pF.

9. *Curentul anodic*, funcție de tensiunea de grilă (*fig. 104*). Tubul poate fi o triodă de orice tip. Pentru limitarea curentului anodic, se intercalează o rezistență de 400 Ω între punctele 68 — 70. Aparatul de măsurat (61 — 48) este un miliampermetru electromagnetic. Tensiunea de grilă se ia de la o baterie de lanternă. Încălzirea lămpii și tensiunea anodică se iau dintr-un redresor. Variind tensiunea de negativare a grilei, se va schimba și valoarea curentului anodic.

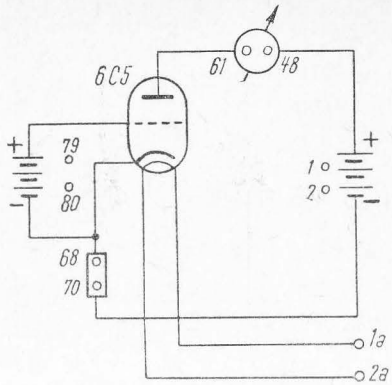


Fig. 104 Curentul anodic funcție de tensiunea de grilă.

10. *Redresarea și detecția* cu un tub electronic (*fig. 105*). Folosim o triodă în loc de diodă, scurtcircuitînd grila la anod. Încălzirea lămpii și tensiunea anodică se iau de la un transformator.

Se măsoară curentul anodic cu un miliampermetru de curent continuu.

11. *Ridicarea caracteristicii de grilă* (*fig. 106*). Această experiență se folosește nu numai să demonstreze influența tensiunii grilei de comandă și a anodului asupra curentului anodic, ci și pentru ridicarea caracteristicii statice de grilă. Planșa pe care se va desena schema din figură va trebui să aibă orificii ce corespund cu numerele bucșelor. Se va monta un

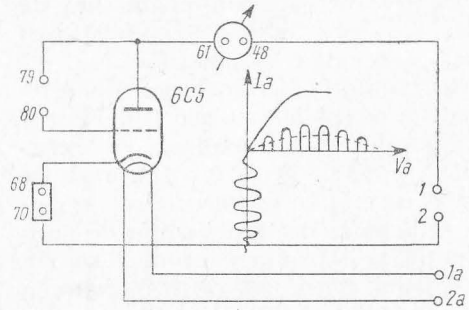
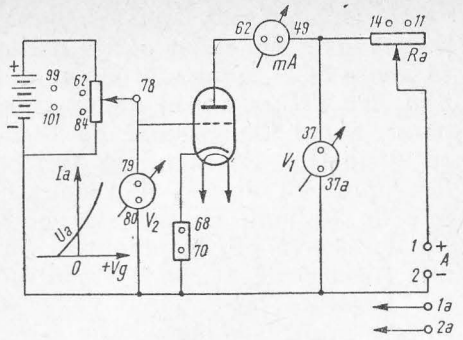


Fig. 105 Detecția cu o triodă.

Fig. 106 Ridicarea caracteristicii de grilă.



reostat în circuitul grilei de comandă. Rezistența anodică R_a se poate confecționa din 3—4 rezistențe fixe, de cîteva mii de ohmi fiecare. Voltmetrul V_1 este de tipul electromagnetic (200 V), iar V_2 la fel (15 V). Miliampermetrul electromagnetic *mA* are scala de 15—20 mA. Tensiunea anodică se ia dintr-un redresor obișnuit. Pentru diferite tensiuni de grilă și păstrînd tensiunea anodică constantă se obține curba $I_a = f(V_g)$.

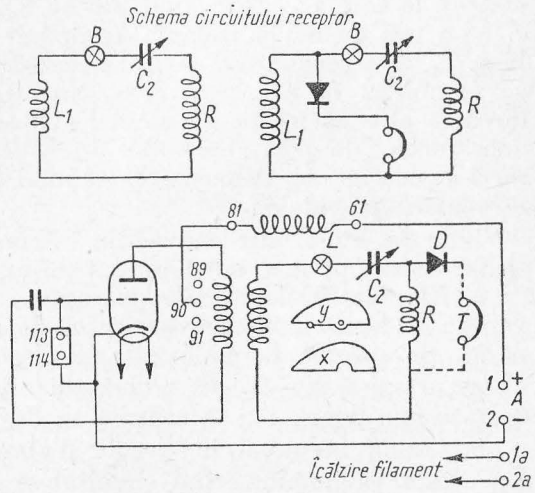


Fig. 107 Generator de unde întreținute.

12. *Generator de unde întreținute* (*fig. 107*). Montajul constă din două părți: oscilatorul de unde întreținute ce se montează pe panou împreună cu tubul 6F6 sau 6N7 și un al doilea circuit pe un șasiu separat, avînd dimensiunile de 18/150 mm. Bobina L_1, cu diametrul 120 mm, are trei spire din conductor de cupru, cu diametrul 4 mm. Distanța între spire este de 10 mm. Paralel cu condensatorul de grilă C_1, de 50—75 pF, se montează un condensator ceramic (trimer) de 5 ... 50 pF, pentru ajustarea frecvenței. Legătura între borna 90 și bobina de șoc (81) se face printr-o bobină de 30 spire, din conductor de cupru cu diametrul 1,5—2 mm, ambele fiind bobinate în aer pe un diametru de 15 mm.

Al doilea circuit, construit pe un șasiu separat, cuprinde o rezistență inductivă R, de 5 spire, de 15 mm diametru, bobinată cu conductor de cupru $\varnothing$ =1 mm, și o bobină L_2, similară cu L_1. Condensatorul variabil C_2, de construcție proprie, are plăcile ca în figură, una fixă x și alta mobilă y.

Încercarea de funcționare a generatorului se face cu o spiră din cupru în formă de cerc (70 mm diametru), la care s-a înseriat un bec de 2,5 V și 0,06 A și i s-a pus un mîner izolant. Apropiind spira de bobina L_1 cînd generatorul lucrează, beculețul va trebui să ilumineze. În caz că generatorul nu lucrează, se încearcă alte valori ale rezistenței (113—114) și condensatorului de grilă (113—91). Spira de probă va fi pusă paralel pe L_1. Alimentarea tubului 6F6 este cea normală după catalog.

Iată, pe scurt, alte cîteva din interesantele experiențe ce se pot face cu montajul de mai sus.

a. Efectele fiziologice ale curenților de radiofrecvență: se scurtcircuitează beculețul de pe șasiul separat. Se apropie L_1 de L_2, iar cu degetul umed se atinge o spiră din L_2. În momentul atingerii, apare senzația de arsură sau înțepătură în deget.

b. Lăsînd beculețul în circuit și apropiind L_2 de L_1, acesta va ilumina, cînd circuitul se acordează la

rezonanță cu C_1. Introducînd o lamă de oțel în mijlocul bobinei, ea se va încălzi.

c. Dacă punem între bobinele L_1 și L_2 diferite materiale, ca sticlă, lemn, aramă, carton, oțel etc, se demonstrează permeabilitatea magnetică la radiofrecvență.

13. *Receptor de radiofrecvență.* Se completează montajul (partea punctată — scoțînd L) cu un detector și căști telefonice. Se demonstrează transmiterea energiei de *RF* fără fir, la o distanță de 2—3 m de generator, punînd receptorului o antenă de 1 m și în locul prizei de pămînt o contragreutate dintr-un conductor de 1 m lungime. Se acordează receptorul la rezonanță cu C_1 și, dacă se transmite de la generator cu un manipulator legat în circuitul anodic semnale Morse, va ilumina beculețul, iar în cască se vor auzi sunete.

14. *Propagarea undelor electromagnetice.* Se continuă experiența cu același montaj. Pe un tub de sticlă cu diametrul 20 ... 25 mm și lung de 1 m, se înfășoară 30 ... 50 m conductor emailat de cupru $\varnothing$ = = 0,4—0,5 mm, într-un singur strat, spiră lîngă spiră, cu o mică distanță între ele, și-l așezăm pe un suport. Se leagă un cap al firului de bobina L_1, pe celălalt lăsîndu-l liber. Plimbînd beculețul de pe șasiu de-a lungul tubului, se observă că beculețul luminează în unele locuri iar în altele se stinge. Dacă vom repeta operația cu un tub cu neon, vom observa că acolo unde beculețul ilumineză, tubul cu neon se stinge și invers. Undele staționare se caracterizează prin noduri de curent, unde cîmpul electric are valoarea maximă, și ventre de tensiune, unde tensiunea este maximă. Tubul cu neon se aprinde la maximum de tensiune, iar becul la maximum de curent.

15. *Radioreceptor O—V—O* (*fig. 108*). Tubul se montează pe panou la T_2. Montajul este un detector pe grilă. Datele elementelor sînt cele obișnuite: $C1$ are 100 pF, iar R_1 are 0,5—1 M.

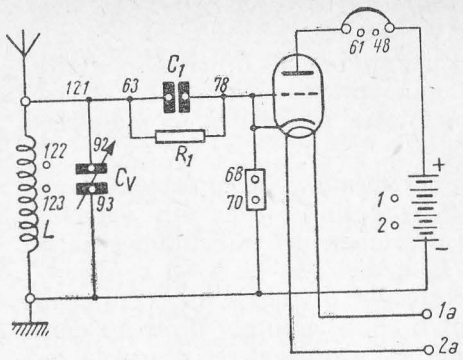


Fig. 108 Radioreceptor *O—V—O*.

Bobina *L* se realizează pe o carcasă cu miez de ferocart, bobinînd 60 spire liță sau sîrmă de cupru, izolată cu email de ∅ = 0,25 mm. *Cv* are valoarea 500 pF. Cu o antenă de 20 ... 40 m, cît mai bine degajată, se pot asculta în cască cîteva stații, din gama de unde medii.

16. *Radioreceptor O—V—1* (*fig. 109*). Montajul seamănă, ca valori de piese, cu al oricărui aparat care are un etaj de detecție și unul de amplificare AF. Recepția se face într-un difuzor permanent dinamic.

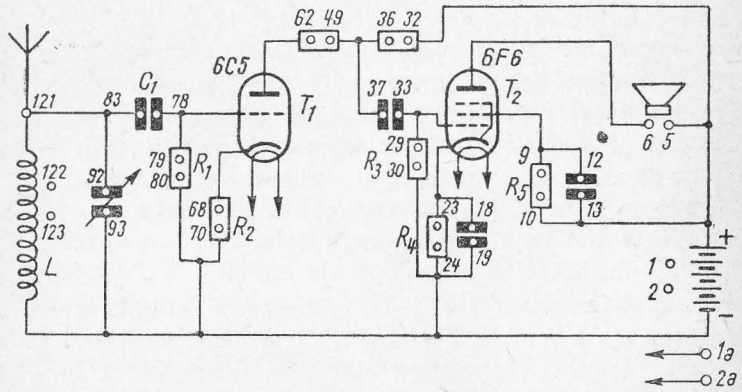
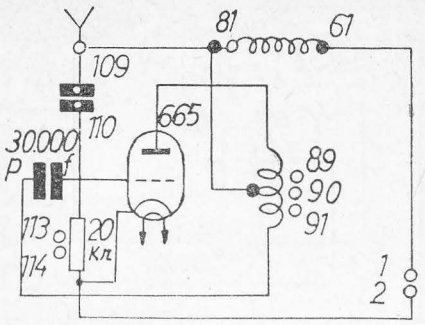


Fig. 110 Radioemițător.



Bobina *L*, condensatoarele *Cv* și C_1 precum și R_1, au aceleași valori ca la montajul *O—V—O*; condensatorul 33—37 = 20 000 pF; 18—19 = 10 μF; 12—13 = 2 μF; rezistența 68—70 = 10 Ω; 49—62 = = 20 000 Ω; 32—36 = 80 000 Ω; 29—30 = 0,5—1,0 MΩ; 23—24 = 400 Ω; 9—10 = 20 000 Ω; tubul T_1 — triodă, tipul 6C5; T_2 pentodă 6 ∅ 6 C.

Pentru alimentarea aparatului se utilizează un redresor obișnuit. Scopul montajului este de a demonstra recepția cîtorva stații de radio în difuzor. Se poate folosi o antenă exterioară sau de cameră.

17. *Radioemițător* (*fig. 110*). Bobina L_1 și droselul au aceleași valori ca la montajul din *fig. 107*. Ca receptor, se folosește tot cel din schema de la *fig. 107*, cu care se lucrează la o distanță de 20—30 m de emițătorul descris la punctul 12.

18. *Generator de ton* pentru învățarea alfabetului telegrafic (*fig. 111*). Montajul comportă un tub cu neon. Pentru a lucra două persoane, se montează 2 manipulatoare și 2 căști.

19. *Releul fotoelectric* (*fig. 112*). Schema cuprinde un releu electromagnetic de tip telefonic sau telegrafic, avînd o rezistență de 1 000 ohmi. Dacă releul are rezistența mai mică, i se mai adaugă spire. Funcționarea este următoarea. Cînd cade pe celula fotoelectrică un fascicul de lumină, ia naștere un curent, care este transmis pe grila tubului 6F6 sau 6P6 și

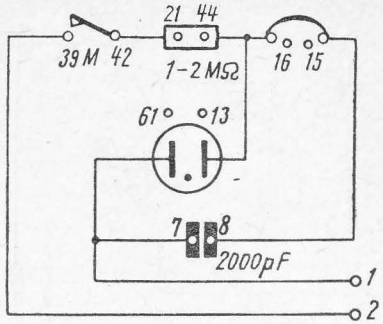


Fig. 111 Generator de ton.

va circula un curent anodic prin înfășurarea releului *R*, care atrage o paletă ce închide prin contactele sale un alt circuit, în care este introdusă alimentarea unui bec, sonerii etc. Se pot face o serie de experiențe variate cu acest montaj.

20. *Principiul cinematografului sonor* (*fig. 113*). Partea de radiorecepție este aceeași ca în schema din *fig. 109*. În fața celulei fotoelectrice se rotește un disc cu găuri. Fascicolul de lumină se obține de la o lanternă. Variind viteza discului, se vor auzi în difuzor sunete de diferite tonalități. Între punctele 83—78 se introduce celula fotoelectrică; 79—80 =

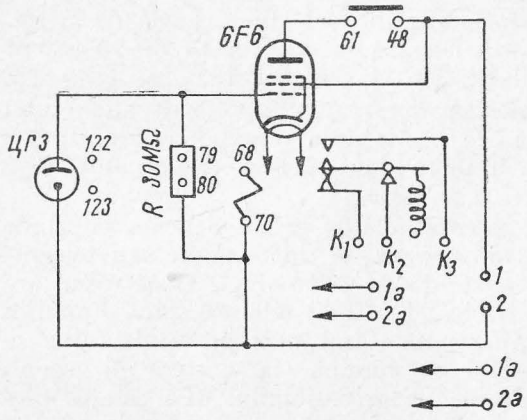


Fig. 112 Releu fotoelectric.

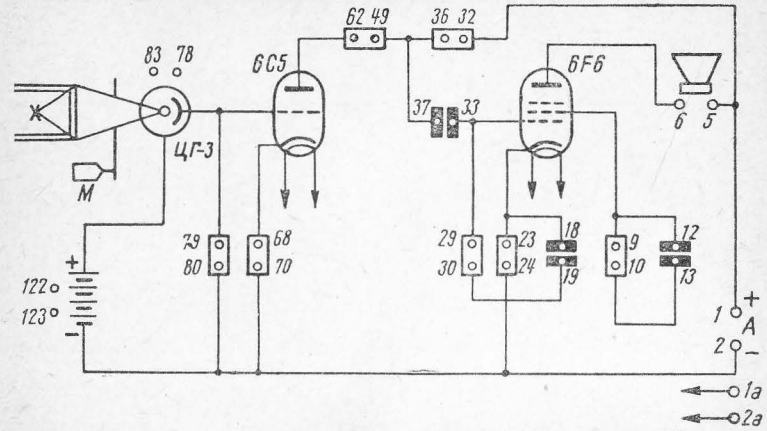


Fig. 113 Principiul cinematografului sonor

= 0,5 MΩ; 68—70 = 100 Ω; 62—49 = 20 000 Ω; 36—32 = 80 000 Ω; 29—30 = 0,5—1,0 MΩ; 23—24 = = 400 Ω; 9—10 = 20 000 Ω; 6—5 = difuzor permanent dinamic.

Experiențele descrise mai sus pot fi modificate și, cu puțină inventivitate și răbdare, numărul lor poate fi mărit.

BIBLIOGRAFIE

1. **Bădărău, Th.** — Radioreceptoare de buzunar. București, Ed. Tehnică 1963.

2. **Deutsch, T.** — Practica redioreceptoarelor. București, Ed. Tehnică, 1960.

3. **Lăzăroiu, D. F.** — Întreținerea și depanarea radioreceptoarelor fabricate în R. S. R. București Ed. Tehnică, 1961.

4. **Drăgănescu, M.** — Electronii la lucru. București, Ed. Științifică, 1961.

5. **Macoveanu, L.** — Îndreptar radio. București, Ed. Tehnică, 1959.

6. **Kubarkin, V. L.** — Radiotehnica distractivă, București, Ed. Tehnică, 1958.

7. **Olariu, O.** — Radioreceptoare cu tranzistoare. București, Ed. Tehnică, 1965.

8. **Stănciulescu, Gh.** — Amplificatoare de audiofrecvență, București, Ed. Tehnică, 1964.

9. **Oprestu, G. D.** — Aparate de radio cu tranzistoare. București, Ed. Tineretului, 1962.

10. **Bătrîneanu, N.** — Cercul radio pionieresc, București, Ed. Didactică și pedagogică, 1971.

11. **Labutin, K. V.** Cartea tehnicianului radio. București, Ed. Tehnică, 1962.

12. **Oprescu, G. D.** Mici automatizări. București, Ed. Tineretului 1962.

13. **Stănciulescu, Gh.** Amplificatoare de audiofrecvență cu tranzistoare. București, Ed. Tehnică, 1964.

14. **Goga, S. și Vătășescu, A.** Verificarea tuburilor electronice și a dispozitivelor semiconductoare, București, Ed. Tehnică, 1965.

15. **Catulescu, E. și Andrei, I.** Radiofonie pentru tineret. București, Ed. Militară 1973.

16. **Constantinescu, M.** Pionierul electronist. București, Ed. Didactică și pedagogică, 1972.

17. **Trusz, W.** A. B. C.-ul reparării radioreceptoarelor. București, Ed. Tehnică, 1971.

18. Catalog **I. P. R. S. Băneasa** Tranzistoare, Diode. 1970—1971

19. **Costache, C.** Laboratorul radioamatorului. București, Ed. Tehnică, 1971.

20. **Stere, R. și col.** Dispozitive semiconductoare. București, Ed. Tehnică, 1964.

21. **Codăuș, D. și Olariu, O.** Sfaturi pentru radioamatori. București, Ed. Tehnică, 1960.

22. **Codăuș, D. și Stănciulescu, Gh.** Montaje realizate de radioamatori, București, Ed. Tehnică, 1967.

23. **Krstič, V.** A. B. C. de construcții radio (I, II). București, Ed. Tehnică, 1973.

24. **Vistrič, Ka Z.** 222 scheme simple (I, II). București, Ed. Tehnică, 1973.

25. **Ciulin, D. și Evanciovici, E.** Repararea radioreceptoarelor. București, Ed. Tehnică, 1969.

26. **Popescu, C.** Regenerarea elementelor galvanice. În „Tehnium", București, nr. 1, 1973.

27. **Popoiu, C.** Amplificatoare de joasă frecvență. București, Ed. Tehnică, 1971.

28. **Lăzăroiu, F.** Întreținerea și depanarea radioreceptoarelor fabricate în R. P. R. București, Ed. Tehnică, 1961.

29. **Nicolau, E.** Radioelectronica pentru toți. București, Ed. Albatros, 1972.

CUPRINS

INTRODUCERE 5

I Organizarea cercului de radiotehnică 9

II Noțiuni de fizică electronică 14

III Oscilații electrice 25

IV Piese radio 33

V Tuburi electronice 55

VI Dispozitive semiconductoare . . 70

VII Date informative generale . . . 108

VIII Practica montajelor 120

IX Douăzeci de montaje pe un șasiu 153

Bibliografie 169